Der mühelose segelflug der vögel und die segelnde luftschiffahrt ...

Albert Miller (Ritter von Hauenfels)






Kais. Königl.
Oesterreichischer
Flugtechnischer Verein
Bibl. No. 203

DER MÜHELOSE

SEGELFLUG DER VÖGEL

UND DIE SEGELNDE

LUFTSCHIFFAHRT

ALS

ENDZIEL HUNDERTJÄHRIGEN STREBENS.

VORTRAG

GEHALTEN

AM 18. JANUAR 1890 IM POLYTECHNISCHEN CLUB IN GRAZ

VON

A. RITTER V. MILLER-HAUENFELS

PROFESSOR A. D. IN GRAZ.

WIEN 1890.

SPIELHAGEN & SCHURICH

VERLAGSBUCHHANDLUNG

I. KUMPFGASSE 7.

Druck von Wilhelm Köhler, Wien, VI. Mollardgasse 41

Vorwort.

Die segelnde Luftschiffahrt hat erst ihre Morgenröthe vorausgesendet und der Aufgang der Sonne wird noch auf sich warten lassen!

Allein insoweit sind doch die Vorarbeiten schon gediehen, dass die Technik, wie von allem Neuen, was wichtig für das praktische Leben zu werden verspricht, endlich von ihr ernstlich Kenntniss nehmen muss. Nachdem Umstände besonderer Art, deren im Eingange dieser Schrift gedacht wurde, mich mit dem heutigen Stande der segelnden Luftschiffahrt bekannt gemacht hatten, habe ich mich berufen geglaubt, im hierortigen polytechnischen Club hierüber einen Vortrag zu halten.

Mehrseitig zur Drucklegung desselben aufgefordert, habe ich denselben nachträglich noch erweitert und besonders im rechnenden Theile ergänzt. Eine nachträgliche wesentliche Abänderung hat diese Umarbeitung nur in einem kleinen Theile erfahren, indem ein Project bei eingehenderer Prüfung desselben von mir verworfen und dafür ein besseres an dessen Stelle gesetzt wurde.

Allen Denjenigen, welche mich durch Mittheilungen ihrer reichen Erfahrungen über den Vogelflug und durch Zusendung einschlägiger Bücher unterstützt haben, spreche ich hiemit meinen ergebenen Dank aus.

Graz, im März 1890.

Der Verfasser.

Inhalt.

I. Allgemeines.

Ein häufiger Aufenthalt im Gebirge gab mir oft Gelegenheit, den staunenswerthen Segelflug grösserer Raubvögel zu bewundern, bei welchem sie kaum die Schwingen rühren und auf welchen sie demnach offenbar sehr wenig Muskelarbeit verwenden; aber ich dachte damals noch nicht, dass einst eine Zeit kommen würde, wo alle Zweifel über die technische Ausnützung dieser Flugweise wie Nebel in zunehmender Sonnenwärme verschwinden sollten!

Es gab auch eine Zeit, wo ich es wie ein Axiom hinnahm, dass die Luftschiffahrt, wie nützlich sie sich auch für militärische Zwecke erweisen möge, dennoch niemals sich zum Verkehrsmittel im Grossen gestalten lasse — allein ich bin aus einem Saulus ein Paulus geworden, und heute lebe ich nach gründlichem Studium aëronautischer Schriften, namentlich jüngeren Datums, der Ueberzeugung, dass es für einen in grösserem Massstabe angelegten Schnellverkehr von Personen und Gütern kein wohlfeileres und besseres Vehikel gebe, als das segelnde Luftschiff.

Angeregt wurde ich zu diesen Studien durch Herrn Hermann Hörnes, Oberlieutenant im k. u. k. Eisenbahn- und Telegraphen-Regiment, meinen strebsamen Neffen, welcher in höherem Auftrage die aëronautischen Versuchsanstalten in Deutschland, Frankreich und England besuchte und mit dem ich längere Zeit hindurch betreffs der Segelflug-Schiffahrt in lebhaftem schriftlichen und mündlichen Verkehr stand. Derselbe gedenkt auch über diesen Gegenstand, unabhängig von mir, demnächst eine eigene Schrift herauszugeben.

Man leugnet noch heute, selbst von autoritativer Seite, häufig die Vortheile des Segelfluges, und da ich aus der diesfälligen Literatur von keiner Arbeit Kenntniss erlangt habe,

welche diesen Gegenstand auf naturgemässer Grundlage und in erschöpfend gründlicher Weise behandelt hätte, so stellte ich mir die Aufgabe, diesen in wissenschaftlicher Beziehung noch ausständig gebliebenen Rückstand nachzuholen und zugleich darauf näher einzugehen, inwiefern die Bestrebungen der Aëronautiker bisher auf den Segelflug Rücksicht genommen, und was sich voraussichtlich denselben noch zuthun lasse.

Von den neuestens (1889 und 1890) über den Vogelflug erschienenen Schriften und Werken sind mir deren drei bekannt geworden: »Der Vogelflug« von O. Lilienthal, das gleichbetitelte französische Werk von E. J. Marey und die »Mechanik des Vogelfluges« von Parsival; aber vergeblich habe ich in denselben eine genügende Theorie des Segelfluges gesucht; ja, die letztgenannte Schrift leugnet die Vortheile desselben gegenüber dem Horizontalfluge gänzlich.

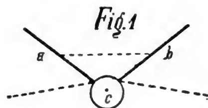
Man könnte über Letzteres noch hinweggehen, wenn nur unter den aëronautischen Schriftstellern diesfalls eine Einigkeit bestände! Kürzlich erschien aber vom Ingenieur Josef Popper eine, »Flugtechnik« betitelte Schrift, welche sogar, und zwar auf rechnungsmässiger Grundlage, den Beweis herzustellen versucht, dass der Segelflug bezüglich seines Effectes hinter dem Horizontalfluge zurückstehe! Wenn solche gegen den Augenschein und alle Erfahrung ankämpfende Ansichten von einem gewöhnlichen Projectanten, deren auch die Flugtechnik zur Genüge zählt, ausgehen würden, so brauchte man sich auch hier wieder nicht weiter um dieselben zu kümmern; aber es ist unstreitig ein vielbelesener und gelehrter Mann, welcher bei seiner ausgebreiteten Kenntniss der einschlägigen Literatur ein hervorragendes Recht besitzt, in flugtechnischen Angelegenheiten mitzusprechen und vielleicht sogar — und darin liegt eben die Gefahr — ein entscheidendes Wort zu fällen. Auf diese Art könnte möglicherweise das Streben der Flugtechnik in ganz falsche Bahnen gelenkt werden, und der Absicht, dieser Gefahr vorzubeugen, sowie dem guten Glauben, dass es mir gelungen sei, in der Art der durch den Segelflug bewirkten Luftverdichtung den eigentlichen Kernpunkt der Frage enthüllt zu haben, verdanken dieser Vortrag und seine spätere Veröffentlichung ihre Entstehung.

Die Erfahrungen eines vieljährigen Lehramtes haben mich überzeugt, dass dort, wo es sich vorläufig nur um Feststellung von Principien handelt, der Vortrag wesentlich an Deutlichkeit gewinne, wenn man eine auf bildlicher Darstellung beruhende Erklärung (selbstverständlich vorausgesetzt, dass man mit einer solchen ausreiche) der Rechnung vorausgehen lässt. Bei einer Veröffentlichung gewährt dieser Entwicklungsgang noch den erheblichen Vortheil, dass eine solche Beweisführung und Darlegung den Gegenstand einem viel grösseren Kreise Gebildeter zugänglich macht. Diesen Weg will ich daher auch hier wieder gehen und mit der Untersuchung des Vogelfluges beginnen, welchem der erste Theil dieser Schrift gewidmet ist.

II. Stabilität im Fluge der Vögel.

Ein älterer Gelehrter, J. F. Prechtl, hat in seinen »Untersuchungen über den Vogelflug« (Wien 1846) das Skelet und die Muskulatur der Vögel, soweit beide auf den Flug Bezug haben, in ausführlicher Weise beschrieben, und noch eingehender hat sich neuestens E. J. Marey in seinem kürzlich erschienenen Werke »Le vol des oiseaux« (Paris 1890) hiemit befasst.

Hiernach besteht das Skelet im Flügel aus dem Oberarm-, Vorderarm- und Fingerknochen. Die zuerst genannten beiden Knochen sind einigermassen gegeneinander, der Oberarmknochen aber mittelst eines Gelenkes im Brustgerüste und durch Vermittlung starker Muskelbündel derart drehbar, dass der Vogel die Flügel nach abwärts noch unter einem Winkel von ungefähr 40° zur Horizontalen, nach aufwärts aber sogar lothrecht zu stellen vermag.



Stellen der Kreis in Fig. 1 den Umfang des Körpers eines horizontal fliegenden Vogels und beide von jenem ausstrahlenden stark ausgezogenen Linien die Durchschnitte seiner Flügel vor, so besitzt jeder Flügel einen Mittelpunkt des Luftwiderstandes, welcher sich — da er in jedem Flügelpunkte mit dem Quadrate seiner Entfernung von der Drehaxe des Flügels zu- und abnimmt — wie ein Trägheits-Mittelpunkt

berechnen lässt. Nachdem bei den Flügeln die Drehaxe in der Flügelebene anzunehmen ist, so gibt Prechtl (a. a. O. S. 137) hiefür die Formel:

$$\int y \,.\, dx \,.\, x^3 = k^3 F \quad ,$$

worin x die jeweilige senkrechte Entfernung eines Punktes von der Drehaxe, y die jeweilige parallel zu letzterer gemessene Ordinate, F die ganze Flügelfläche und k die senkrechte Entfernung des gesuchten Mittelpunktes von der Drehaxe darstellt.

Segelt aber der Vogel statt zu rudern, so findet kein Drehen, sondern blos ein Richten der Flügel statt, und es ist dann der Schwerpunkt der Flügelfläche als Widerstands-Mittelpunkt anzunehmen.

Auf diese beiden Widerstands-Mittelpunkte, welche in Fig. 1 mit a und b bezeichnet wurden, stützt sich der Vogel gerade so auf die unter seinen Flügeln verdichtete Luft, wie wir uns beim Gehen mittels der Füsse auf den festen Erdboden stützen. Wir können aber dessenungeachtet sehr leicht fallen, weil sich beim Menschen der Schwerpunkt stets oberhalb seiner beiden Stützpunkte befindet, sein Gleichgewicht somit ein labiles ist, während jenes des Vogels, bei welchem sich der Schwerpunkt c meistens und der Zeit nach überwiegend unterhalb der Schwebeaxe ab befindet, als ein stabiles bezeichnet werden muss. Auch muss der Mensch, um nicht seitlich umzufallen, beim Gehen seinen Körper etwas hin und her bewegen, während der Vogel während des Fluges niemals derart zu pendeln braucht. So dünn also auch das Element ist, welches dem Vogel für seine Ortsveränderungen angewiesen ward, so wurde er doch zur Ausführung dieser Bewegungen von der Natur weit besser gestützt, als der Mensch, welchem Umstande er zunächst die ungemeine Sicherheit derselben verdankt.

Der Vogel kann nach Andeutung der punktirten Linien in Fig. 1 selbst seine Flügel etwas nach abwärts bewegen, ohne dass sein Gleichgewicht aufhört, ein stabiles zu sein. Vögel aber, welche gleich der Möve die Flügel stark nach abwärts schlagen, besitzen allerdings während eines Bruchtheiles der Zeit, welche ein Flügelschlag beansprucht, ein labiles Gleich-

gewicht, aber sie sind dann mit den grossen Stützflächen ihrer Flügel noch immer weit besser daran, als der Mensch, wenn dieser auch noch so grosse Sohlen an seinen Schuhen trägt.

Der Vogel gebraucht beim Ruderflug seine Flügel bekanntlich ganz ähnlich, wie wir die Hände beim Schwimmen; er stellt der Luft bei Vorwärtsbewegung seiner Flügel eine kleinere Querschnittsfläche derselben entgegen, während beim Rückschlag der Flügel deren volle Fläche die Luft trifft.

Die Längsaxe des Vogelkörpers steht rechtwinklig auf dessen Schwebeaxe und befindet sich, wenn der Vogel die Flügel nach oben hält, zwischen dieser und dem Schwerpunkte. Letzterer ist bei langhalsigen Vögeln mittels der veränderlichen Kopflage etwas verschiebbar, in der Hauptsache jedoch bewirkt der Vogel die Stellung seiner Längsaxe zur Horizontalen durch die Haltung seiner rückwärtigen Steuerfedern. Stellt er diese mehr in die Höhe, so richtet sich sein Körper auf, legt er sie aber nach abwärts, so senkt sich sein Körper zum Niederfluge, wie dies leicht aus der Zerlegung des hiedurch herbeigeführten besonderen Luftwiderstandes erklärlich ist.

III. Horizontalflug.

E. J. Marey hat in seinem geistvollen und mit bewundernswerthem Fleisse verfassten Werke nachgewiesen, dass die Linie des Ruderfluges aus lauter kurzgestreckten Curven bestehe, welche mit der An- und Abspannung der Brustmuskeln, sowie mit der Flügelstellung in einem genauen Verbande stehen. Wenn ich also hier von einer horizontalen Fluglinie spreche, so verstehe ich hierunter eine Gerade, welche die Mittellage der Flugrichtung andeutet.

Die Zerlegung der Kräfte liefert uns auch hier wieder das Hilfsmittel, um den horizontalen Ruderflug bei Windstille verständlich zu machen.

Bedeutet ab in Fig. 2 A den Durchschnitt der Flügelflächen in ihrer mittleren Stellung und ec den durch den Flügelschlag bewirkten und auf ab senkrechten Luftwiderstand, so stellt die lothrechte Componente dc jenen Theil desselben vor, welcher den Vogel trägt, ed aber zeigt den horizontalen

Widerstand, welcher behufs Hervorbringung der tragenden Kraft dc nothwendig miterzeugt werden muss und den sogenannten Stirnwiderstand überwinden hilft. Man ersieht hieraus, dass wegen beständigen Abfliessens der verdichteten Luft der Vogel sich nur durch ziemlich rasch aufeinander folgende Flügelschläge im Horizontalfluge erhalten kann, oder wie man sich auszudrücken pflegt: dass er fortwährend Schwebearbeit

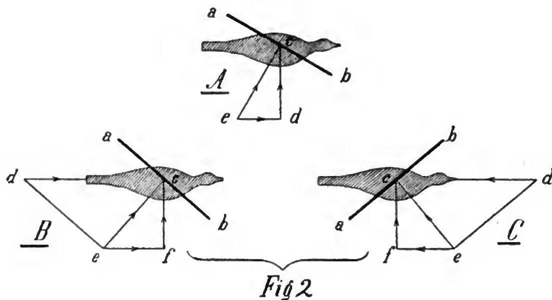


Fig 2

verrichten und dabei Luftwiderstand erzeugen und theilweise auch überwinden muss.

Hat der horizontal fliegende Vogel Hinterwind*) und fliegt er schneller als dieser, so hat er nur jene Widerstände

*) Manche Aëronautiker behaupten, es sei die Richtung und Geschwindigkeit des Fluges lediglich nur auf jene des Windes zu beziehen, indess andere die Bewegungen beider nach jener der Erdoberfläche beurtheilt wissen wollen. Mich dünkt, offen gestanden, diese Fehde ein Streit um des Kaisers Bart; denn beide Theile haben genau so weit recht, als sie den Kreis ihrer Beurtheilung ausdehnen, und daher kann diese scheinbare Abweichung zweier Ansichten auch gar keinen Einfluss auf die Rechnung üben.

Es ist ganz sicher und kann gar nicht in Abrede gestellt werden, dass Richtung und Geschwindigkeit des Fluges zunächst nach jener des Windes zu beurtheilen seien, also derart, dass man ein mit dem Winde vorrückendes Coordinatensystem dem Fluge gegenüber als ein ruhendes betrachtet. Man kann aber auch weiter blicken und Richtung und Geschwindigkeit des Windes sowohl wie jene des Fliegenden auf einen fixen Punkt der Erde beziehen und wird ein doppeltes Recht hiezu besitzen: erstlich,

zu überwinden, welche dem Unterschiede beider Geschwindigkeiten entsprechen. Fliegt er mit dem Winde, so hat er mittels verticaler Flügelschläge eine Schwebearbeit zu verrichten, welche der Componente dc in Fig. 2A entspricht.

Lässt er sich endlich vom Winde treiben, so fliegt er langsamer als dieser und es zerlegt sich nach Fig. 2B jene Kraft dc, welche dem Zurückbleiben des Vogels innerhalb einer Zeiteinheit entspricht, in die zwei Componenten: de parallel zur Flügelfläche und ec senkrecht auf dieselbe. Die erstere bleibt für die Flügel wirkungslos, die letztere zerlegt sich aber wieder in die Verticale fc, welche den Vogel tragen hilft, und in die Horizontale ef, welche ihn vorwärts schiebt. Zu letzterer addirt sich aber noch der Stirnwiderstand, weil dieser im vorliegenden Falle verkehrt gerichtet ist, somit einen negativen Werth besitzt. Hier also gebraucht der Vogel seine Flügel schon als Segel und nur, wenn er mit Flügelschlägen nachhilft, als Ruder.

Diese Flugart erscheint mithin auf dem Papiere recht vortheilhaft, weil sich aus der Kräftezerlegung eine schiebende und zugleich eine tragende Componente ergibt, in Wirklichkeit ist sie es aber nicht! Erstlich besitzen diese Componenten einen geringen Werth, weil sie sich aus dem Unterschiede zwischen der Wind- und der Eigengeschwindigkeit des Vogels (bezogen auf einen Punkt der Erde) ergeben, und weiters kommt der Vogel um so langsamer vorwärts, je grösseren Vortheil er aus dem Hinterwinde ziehen will; je mehr er aber mit Flügelschlägen nachhilft, damit er schneller vorwärts komme, umsomehr gibt er von jenen Vortheilen wieder auf. Der Hinterwind eignet sich also nicht für grössere Wanderstrecken der Vögel.

---

weil wir auf der Erde wohnen und daher in letzter Auflösung die Bewegung beider nach jener unseres Aufenthaltsortes beurtheilen müssen, und zweitens, weil die Windstille den die Regel bildenden Fall, der Wind hingegen den Ausnahmsfall darstellt, bei Windstille aber die Theilchen der Atmosphäre genau jene Bewegung besitzen, als ob sie feste Theile der Erdoberfläche wären.

Alle Bewegungen auf letzterer und innerhalb unseres Luftgürtels sind relative Bewegungen, und es handelt sich für Beurtheilung derselben jederzeit nur darum, den jeweilig passendsten unter den bewegten Punkten als den relativ ruhenden zu betrachten.

Dagegen thut dies in ganz auffälliger Weise der Gegenwind, welchen dieselben stets für grössere Wanderungen abwarten, ungeachtet sich die Betrachtung auf dem Papier für ganz horizontalen Flug ungünstiger stellt, als im früheren Falle; denn in Fig. 2C, welche sich auf den Gegenwind bezieht, zerfällt die Kraft dc, welche der Summe der absoluten Flug- und Windgeschwindigkeit entspricht, nach derselben Zerlegungsweise zuletzt in die zwei wirksamen Componenten fc, welche den Vogel tragen hilft, und ef, welche einen dem Stirnwiderstande zuwachsenden horizontalen Luftwiderstand darstellt, den aber der Vogel gleichzeitig zu erzeugen gezwungen ist, wenn er die tragende Kraft fc gewinnen will. Und dennoch muss dem Wandervogel der Gegenwind eine dauernde Kraftquelle zur Ueberwindung des Stirnwiderstandes sein; es ist gar nicht anders denkbar, denn der Augenschein lehrt es uns! Da sich aber aus einer vollkommen horizontalen Fluglinie eine solche anhaltende Kraft theoretisch nicht ableiten lässt, so vermuthe ich Folgendes:

Die nachfolgenden Untersuchungen über den wellenförmigen Segelflug werden lehren, dass für diesen der Gegenwind eine solche Kraftquelle bilde, und dass die Flugwellen um so seichter ausfallen, je günstiger derselbe weht. Auch wird dort nachgewiesen werden, dass die Flügel beim Niederflug innerhalb der Welle stets nach abwärts, beim Auffluge aber nach aufwärts gerichtet seien. Ich vermuthe also, dass die Wandervögel bei Gegenwind ganz leise Bewegungen der Steuerfedern und der als Segel gebrauchten Flügel um die horizontale Mittellage derselben machen und derart so seichte Wellen beschreiben, dass die Fluglinie uns als eine horizontale erscheint. Derart sind sie dann vollkommen in der Lage, aus dem Gegenwinde eine dauernde Flugkraft zu schöpfen.

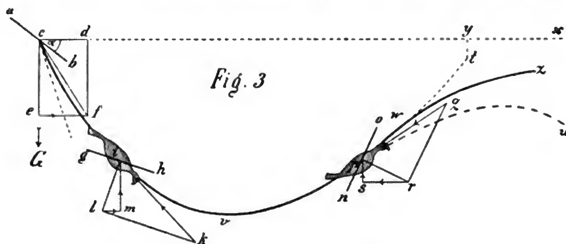
Wenn also die Wandervögel, wie man hört und liest, zuweilen schaarenweise und zu Tode ermattet auf die Verdecke der Schiffe niederfallen, so dürfte die Ursache wohl stets in dem Umstande zu suchen sein, dass dieselben, nachdem sie auf anhaltenden Gegenwind gerechnet, über Meer fliegend, plötzlich von einer Winddrehung überrascht wurden.

Es ist eine sehr einfache Sache, die eben bildlich dargestellten Theilkräfte in Formeln durch die Windgeschwindigkeit

auszudrücken. Wir können dieselben aber hier umsomehr übergehen, als spätere Rechnungen auf dieselben noch zurückführen werden.

IV. Wellenförmiger Segelflug.

Bei dem vorstehend beschriebenen Horizontalfluge benützt somit der Vogel bei Windstille die Flügel ausschliesslich als Ruder und nur bei Wind zum Theile als Segel. Es gibt aber bekanntlich noch eine andere Flugart, welche insbesondere grössere Vögel, zumeist Raub-, Wasser- und Sumpfvögel, auf bedeutende horizontale Entfernungen fortträgt und welche zu



ihrer Ausübung durchaus nicht — wie Manche meinen — nothwendig des Windes bedarf, und gerade bei Windstille*), die ich hier vorerst wieder voraussetze, in ihrer vollsten Reinheit (wenn ich so sagen darf) zu beobachten ist. Es ist dies der wellenförmige S e g e l f l u g oder der Segelflug im engeren Sinne des Wortes.

Um die Gesetze desselben genau kennen zu lernen, will ich jetzt annehmen, dass sich in c der Fig. 3 ein Adler von

*) Manche und hierunter auch E. J. M a r e y (m. s. a. a. O. Chap. XX) behaupten, dass der Segelflug überhaupt, und folglich auch der wellenförmige, zu seiner Ausführung nothwendig des Windes bedürfe. Betrachtet man den Wind, im weitesten Sinne des Wortes, als eine relative Bewegung der Luft gegen den Vogel, so mag man ihnen, um nicht um blosse Worte zu streiten, immerhin Recht geben. In diesem Sinne genommen schafft sich dann der Vogel, wenn er bei Windstille segelt, den für den wellenförmigen Segelflug angeblich nothwendigen Wind durch seine eigene Ortsveränderung.

steiler Klippe mit niedergesenkten Steuerfedern und ausgebreiteten Flügeln, deren Durchschnitt die Linie ab darstellen möge, in die Luft herabstürze. Das Gewicht G des Adlers hat einen von unten auf dessen Flügelflächen wirkenden Luftdruck zur Folge, dessen ausgeübte Theilkräfte $cd = G \sin \alpha$ und $ec = G \cos \alpha$ sind, wobei $\alpha < 45^{\circ}$. Wären nun die Flügel unendlich dünn und wäre überdies kein Stirnwiderstand vorhanden, so würde der Adler nach der Diagonale cf des zugehörigen Kräfteparallelogrammes oder unter einem Winkel $= 90^{\circ} - \alpha$ zum Horizonte seinen Niederflug beginnen (für $\alpha = 0^{\circ}$ würde der lothrechte Fall eintreten). Da aber die gemachten Voraussetzungen nicht zutreffend sind, so wird dieser Anfangswinkel grösser sein und ist in der Figur durch die punktirte Tangente des zugehörigen ersten Curvenelementes angedeutet.

Ich will jetzt den Vogel an einer anderen Stelle i seines Niederfluges betrachten, an welcher gh seinen Flügeldurchschnitt darstellt. Der Luftwiderstand wirkt in der Richtung der Flugtangente und soll ki seine Grösse andeuten. Seine Flügel hält der Vogel, um grösseren Vortheil aus der durch sein Gewicht verdichteten Luft zu schöpfen, jetzt minder steil nach abwärts gerichtet, und die schon aus Fig. 2 bekannte Zerlegungsweise liefert nach Andeutung der beigesetzten Pfeile in mi eine Kraft, welche den Segler trägt, und in lm eine solche, welche ihn horizontal nach rechts vorwärts schiebt.

Gleichzeitig muss der Vogel mittels der Steuerfedern seinem Körper stets die richtige Lage geben. Er hebt sie also während des Abwärtsfluges, nachdem sie anfänglich stärker gesenkt waren, immer mehr gegen die horizontale Lage empor.

Im Niederfluge innerhalb einer Segelwelle weiss also der Segler aus der Luft, welche er unterhalb seiner Flügel verdichtete, einen doppelten Vortheil zu ziehen: erstlich lässt er sich durch dieselbe tragen und zweitens bezieht er aus derselben eine beständig wirkende Kraft, welche ihn in horizontaler Richtung stetig vorwärts drängt.

In lothrechter Richtung würde sich der Vogel von c an innerhalb eines luftleeren Raumes mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit bewegen; im lufterfüllten dagegen würde er bei wagrecht gestellten Schwingen und Steuerfedern

mit abnehmend beschleunigter Bewegung lothrecht niederfallen, bis er eine Maximalgeschwindigkeit erreicht hätte, von welchem Punkte angefangen seine Bewegung dann eine gleichförmige wäre. An diesem Punkte hätte dann die Luft unter seinen Flügeln ihre grösstmögliche Dichte erlangt. Im vorliegenden Falle dagegen, wo der Segler gleichzeitig durch eine stetig wirkende Kraft horizontal nach rechts gedrängt wird, gestaltet sich die zur Fluglinie gehörige Ordinate zu einer Bewegungslinie mit nach abwärts abnehmender Geschwindigkeit, und letztere ist in dem tiefsten Punkte v der Flugwelle zuletzt vollständig Null geworden. Hätte der Segler die Flugwelle möglichst tief genommen, so würde die Luft unter seinen Flügeln im Punkte v jene Maximaldichte erreichen, wie im freien lothrechten Fall bei horizontal ausgespannten Flügeln. Dagegen ist seine Geschwindigkeit in v eine beträchtlich grössere, weil beim freien Fall mit ausgebreiteten Fittigen der grösste Durchschnitt seiner Flügel und seines Körpers der Bewegungsrichtung in's Kreuz gerichtet ist, beim Segelflug aber von beiden der kleinste, und sein Körperbau überdies vom Kopf gegen die Mitte nur allmälig zunimmt.

Es kann aber der Segler die Flugwellen anstandslos seichter nehmen, jedoch thut er dies dann auf Kosten seiner Fluggeschwindigkeit, und es wird ihm durch den Umstand, dass diese noch zur Ueberwindung des Stirnwiderstandes ausreichen muss, auch hier eine Grenze, und zwar eine Minimalgrenze, gesetzt. Ueberhaupt erreicht aber der Segler an dem tiefsten Punkte v eine Geschwindigkeit, welche der lothrechten Fallgeschwindigkeit von c bis v abzüglich des Stirnwiderstandes entspricht.

Da längs der Ordinate der Flugcurve eine verzögerte Bewegung nach abwärts, längs der Abscisse aber eine beschleunigte nach rechts stattfindet, so wendet die Curve ihre Concavität nach oben und gleichzeitig nach rechts.

Im tiefsten Punkte v ruht der Segler einen Augenblick wie auf einem Federkissen und hält seine Schwingen und Steuerfedern horizontal. Würde er dieselben in dieser Lage belassen, so würde er, wie ein von dieser Höhe horizontal geworfener Stein, in einem stark gestreckten Parabelbogen zur

Erde niedersinken. Er muss daher, um in den aufsteigenden Bogen der Flugwelle zu gelangen, mittels zunehmender Erhebung seiner Steuerfedern seinen Körper mehr und mehr in die Höhe richten und gleichzeitig auch seine Schwingen in wachsendem Grade erheben, wobei sich die Luft unter denselben wieder verdichten und den Segler tragen wird. Er sinkt hiebei mit den Flügeln in diese sich unterhalb derselben verdichtende Luft stetig ein und beschreibt derart eine Flugrichtung, welche zum Horizonte weniger geneigt ist, als seine Flügelstellung. Hiebei ist ihm die in v gewonnene lebendige Kraft wesentlich behilflich.

Besehen wir uns jetzt den Vogel etwa in dem Punkte p des aufsteigenden Flugbogens und zerlegen wir den nach der Flugtangente qp gerichteten Luftwiderstand in bekannter Weise, so erblicken wir nach Andeutung der beigesetzten Pfeile in sp wieder eine Kraft, welche den Vogel trägt, in rs aber eine solche, welche in horizontaler Richtung auf die Bewegung nunmehr verzögernd einwirkt. Wir erhalten demnach in dem aufsteigenden Bogen für den echten Segelflug zwei Bewegungs-Componenten, von denen die eine parallel zur Ordinatenaxe gegen oben eine beschleunigte und die andere parallel zur Abscissenaxe nach rechts eine verzögerte Bewegung andeutet, folglich einen Flugbogen, welcher seine Concavität wieder nach oben, jedoch gleichzeitig nach links wendet.

Würde der Segler in diesem aufsteigenden Bogen seine Flügel fortwährend aufgerichtet halten, so würde er endlich an einen Punkt t gelangen, wo wegen des Stirnwiderstandes seine Kraft vollständig erschöpft wäre, und er müsste dann, wie ein Pendel, eine Flugcurve rücklings beschreiben. Es ist also durch den genannten Widerstand die verticale Höhe ty gleichsam aufgezehrt worden und derselbe könnte sonach durch die lebendige Kraft gemessen werden, welche der Vogel bei freiem Falle im luftleeren Raume durch die Höhe yt gewinnen würde. Aber weit früher als er diesen Punkt erreicht (in der Zeichnung im Punkte w), wird er seine Flügel und Steuerfedern mehr und mehr senken und dadurch auch seinen Körper in eine flachere Lage bringen. Derart beschreibt er jetzt einen aufwärts gekrümmten Flugbogen wz und gelangt demnach in die zweite

Flugwelle, in welche er einen um so grösseren Theil jenes horizontalen Antriebes, welchen er beim ersten Niederfluge gewann, hinüber rettet, je tiefer z lothrecht unter t liegt.

Will demnach der Segler eine grössere Geschwindigkeit und somit auch einen stärkeren horizontalen Antrieb beibehalten, so wird er nicht erst in w, sondern etwa schon in p die ersten Anstalten treffen, um in die nächste Welle zu gelangen. Er wird nunmehr vom Punkte p angefangen Steuerfedern und Schwingen immer mehr und mehr senken und derart von p bis u einen Wellenberg beschreiben, welcher dem vorausgegangenen gleich tiefen Wellenthale ganz ähnlich gestaltet, aber umgekehrt gelagert ist. Am höchsten Punkte des Wellenberges werden ebenso wie an den tiefsten Punkten der Wellenthäler die Steuerfedern und Flügel wieder horizontal liegen und von hier sich weiter nach rechts hin immer mehr senken.

Aus der bisherigen Beschreibung des Segelfluges sind als vornehmste Eigenthümlichkeiten desselben nachstehende Umstände hervorzuheben:

1. Die Flügel hält der Segler gegen die Fluglinie stets aufgerichtet, weil nur durch ein stetes Einsinken in die sich unterhalb der Flügel verdichtende Luft die Beschaffung einer Gleitbahn möglich wird.

Beim Niederfluge bilden die Flügel mit dem Horizonte negative, beim Auffluge positive Winkel.

Während der Zurücklegung eines Wellenthales nehmen diese Winkel stetig zu, während jener eines Wellenberges aber stetig ab.

Die Flügelstellung ist also beim wellenförmigen Segelfluge eine *gesetzmässige*, während sie beim Ruderfluge eine mehr willkürliche und den jeweiligen Umständen angepasste ist.

2. Die Stellung der Steuerfedern ist beim wellenförmigen Segelfluge an ein ganz ähnliches Gesetz gebunden; dasselbe Gesetz obwaltet aber auch beim gewöhnlichen Auf- und Abwärtsfluge und beim Horizontalfluge.

3. Beim Segelfluge entsteht durch die Wirkung der unterhalb der Flügel verdichteten Luft eine Aenderung im *horizontalen Antrieb*, welche beim Niederfluge positiv und folglich

als Zuwachs einer beschleunigenden Kraft erscheint, beim Aufwärtsfluge aber negativ ist und demnach eine verzögernde Wirkung übt.

4. Während die Wirkungen der eben erwähnten Kräfte innerhalb derselben Flugwelle einander aufzuheben streben, wirken die verticalen Componenten der unterhalb der Flügel erzeugten Luftverdichtung innerhalb der ganzen Flugwelle stets in gleichem Sinne von unten nach aufwärts, und zwar derart, dass die Luft unter den Flügeln am höchsten Punkte der Welle die geringste, dagegen am tiefsten Punkte v derselben die grösste Dichtigkeit erreicht. Von hier an nimmt dieselbe aufwärts gegen w wieder allmälig ab, um an dem nachfolgenden höchsten Punkte der Welle abermals ein Minimum zu erreichen. Die durch die Flügel verdichtete Luft wirkt also ähnlich wie eine Spiralfeder, die man mit der Hand niederdrückt und welche dann beim langsamen Erheben der Hand dieser die empfangene Arbeit wieder grossentheils zurückgibt. In beiden Fällen ist beim Niedersinken der verticale Druck grösser als der federnde Widerstand, beim Zurückweichen nach aufwärts aber ist die unterhalb wirksame Federkraft grösser als der ausgeübte Druck.

Die dabei verlorene verticale Höhe z bis y kommt theils auf Rechnung des Stirnwiderstandes, theils auf jene des horizontalen Antriebes, welchen der Segler noch in die nächste Welle hinüberbringt.

Derart gleitet also der Segler innerhalb seiner wellenförmigen Fluglinie sowohl abwärts wie aufwärts auf einer aus verdichteter Luft hergestellten Bahn gerade so, wie eine Kugel auf einer wellenförmig ausgeschnittenen Holzbahn fortrollen würde, wenn man den ersten niedergehenden Bogen an derselben etwas höher gehalten oder der Kugel anfänglich einen sanften horizontalen Stoss gegeben hätte. Beim Segelflug wird also gar keine Schwebearbeit geleistet und dieser ungemein hohe Vorzug sichert der segelnden Luftschifffahrt bei genauer Nachahmung dieser Flugart für den Verkehr im Grossen den Sieg über alle übrigen Ideen und Versuche, einen solchen innerhalb unserer Atmosphäre anzubahnen, zumal als

5. die Theorie keine Grenze bezüglich der zu fördernden Lasten setzt, wenn nur die Segelflächen in

einem richtigen Verhältnisse zu dem Gewichte derselben stehen. Die Geologie bestätigt dies ebenfalls, denn sie lehrt uns, dass zur Secundärzeit wahre Ungeheuer von Flugechsen die Luft durchschwirrt haben.

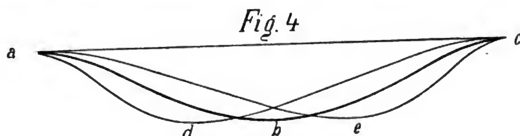
6. Der Stirnwiderstand prägt sich beim Segelfluge als eingebüsste verticale Höhe aus und kann daher durch vertical nach abwärts geführte Flügelschläge und durch Maschinen, welche die Luft nach unten drücken, überwunden werden.

Jeder von uns dürfte das sogenannte »Platteln«, welches die Knaben an den Ufern der Seen oder grösseren Teiche vielfach üben, gesehen und wohl auch mitgemacht haben. Ein kräftig und horizontal geworfener dünnplattiger Stein beschreibt hiebei oft auf bedeutende Entfernung hin eine Reihe von Wurfparabeln, indem der aus verdichteter Luft bestehende Polster, welcher sich unter dem zur Wasserfläche niederfallenden Stein bildet, diesen immer wieder in die Höhe wirft. In Form und Wesen hat in der That diese Wurflinie die grösste Aehnlichkeit mit der Segellinie, und hier ist es sozusagen mit den Händen zu greifen, dass der Stein nur den Stirnwiderstand zu überwinden habe, wozu ihn der horizontale Antrieb (die Wurfkraft) befähigt, dass er aber keine Schwebearbeit leisten könne, weil für diese gar keine nachweisbare Kraftquelle vorhanden ist.

Die stärkere Luftverdichtung, welche die unnachgiebige Wasserfläche zulässt, scheint auch der Grund zu sein, weshalb sich manche Vögel, wie die Bachstelzen, im Fluge so nahe derselben halten.

Es ist eine Erfahrungssache, dass grösseren Vögeln, bezogen auf ihre Gewichtseinheit, kleinere Flügelflächen zukommen. Meines Wissens ist die Ursache dieser Natureinrichtung noch von Niemandem veröffentlicht worden; mich dünkt sie indess sehr naheliegend. Grössere Vögel haben stärkere Fussknochen und können daher, nach schrägem Niederfluge landend, einen stärkeren Stoss vertragen; gerade ihr relativ grösseres Gewicht macht sie aber, wie der Augenschein lehrt, für den Segelflug geeigneter. Kleinere Vögel mit demselben Verhältnisse zwischen Flügelfläche und Körpergewicht, wie an den grösseren, würden beim Landen leicht die Beine brechen.

Je grösser das relative Gewicht, um so tiefer muss der segelnde Vogel in die unterhalb der Flügel sich verdichtende Luft einsinken, um so stärker weicht daher die jeweilige Flugtangente von der Flügelrichtung ab, oder mit anderen Worten: umsomehr erscheinen innerhalb der ganzen Flugwelle die Flügel gegen die Fluglinie aufgerichtet. Wie man sich jetzt leicht vorstellen kann, macht also ein relativ grösseres Körpergewicht den Niederflug innerhalb einer Flugwelle steiler, den Aufflug aber flacher. Umgekehrt bewirkt ein relativ geringeres Gewicht eine Verflachung des niedersteigenden und eine steilere Aufrichtung des aufsteigenden Theiles der Flugwelle. Schwerere Segler, wie der Adler, deren Nieder- und Aufflug unter ziemlich gleichen Winkeln geschieht, wie dies die Curve abc in Fig. 4 andeutet, besitzen jenes wünschenswerthe Gewicht gegenüber ihrer Flügelfläche, welches auch beim künstlichen Segelfluge



nachzuahmen käme, weil wir dann, der früheren Bemerkung zufolge, uns keinesfalls der Gefahr aussetzen, dass unsere Knochen, deren Stärke schon im halbreifen Alter jene des Condors übertrifft, den Stoss beim schrägen Landen nicht aushalten könnten.

Ein relativ zur Flügelfläche grösseres Gewicht, wie es die grösseren Flugechsen der Secundärzeit besessen haben mögen, würde also der einzelnen Flugwelle ungefähr jene Gestalt geben, wie sie die Linie adc in Fig. 4 andeutet. Umgekehrt, also nach der Curve aec, muss sich dagegen die Linie wegen ihrer relativ grösseren Flügelflächen bei den kleinen Vögeln gestalten. So gleitet beispielsweise die Schopflerche, wenn sie segelt, innerhalb jeder Flugwelle unter einem sehr flachen Winkel mit ausgebreiteten Flügeln wie auf einer Rutschbahn bis zum tiefsten Punkte der Welle herab; den stark aufgerichteten Bogen derselben kann sie aber nicht mehr ruhig segelnd bewältigen,

nicht nur weil er steil ist, sondern weil auch ihr Körpergewicht in einem ungünstigen Verhältnisse zum Widerstand der verdichteten Luft steht, in die sie einsinken soll, indem ersteres im kubischen, der Widerstand aber im quadratischen Verhältnisse mit dem Körperdurchmesser zu- und abnimmt. — Durch die Ruderschläge beim Auffliegen bringt die Schopflerche allerdings gleichzeitig die durch den Stirnwiderstand verlorene Höhe herein.

In ähnlicher Weise segelt auch die Krähe und beschreibt überdies am höchsten Punkte der Welle eine Art Schlinge.

Es wurde früher, lediglich in der Absicht, die ganze Flugwelle der Betrachtung unterziehen zu können, angenommen, dass der Segler bis zu dem Punkte w der ersten Welle in Fig. 3 sich emportragen lasse und von hier aus in die zweite Welle gelange; allein dann würde er nur mehr einen horizontalen Antrieb besitzen, welcher dem verticalen Abstande zwischen z und t entspricht. Um aber die nächstfolgenden Wellen mit grösserer Geschwindigkeit zu durchsegeln, muss sein horizontaler Antrieb grösser sein, und diesen wird der Segler erreichen, wenn er an einem tieferen Punkte der aufsteigenden Curve, also etwa in p, nach der punktirten Linie pu der zweiten Welle zusegelt. Den grössten Antrieb wird er aber in dem tiefsten Punkte v besitzen; er wird daher in der Regel nahe oberhalb desselben, und zwar in jener Höhe, in welcher er die nachfolgenden viel seichteren Wellen halten will, in die zweite Welle einlenken. Wir sehen demnach den Raubvogel, wenn er sich von steiler Höhe herabstürzt, nur so tief niedergehen, bis er die von ihm gewünschte Segelgeschwindigkeit besitzt, und dann von hier aus in beträchtlich tieferer Luftlage und in ziemlich seichten Wellenlinien fortziehen.

Würde nun der Segler bei Windstille seine Schwingen gar nicht mehr rühren, so würde sich seine wellenförmige Fluglinie in Folge des fortdauernden Stirnwiderstandes immer mehr dem Erdboden nähern, bis er zuletzt zur Landung gezwungen wäre. Will er sich also fortwährend in gleicher Höhe über dem Erdboden erhalten, so muss er, da er in Ermanglung eines Gegenwindes von keiner Seite mehr einen Antrieb erhält, hie und da mit Flügelschlägen nachhelfen, also nicht ausschliesslich nur segeln, sondern auch etwas rudern.

Besitzt der Segler aber Gegenwind, so erspart er nicht nur die Schwebearbeit, sondern auch, wenn der Wind hinreichend stark ist, jedwedes Rudern, somit auch alle Translationsarbeit; er benützt dann die Flügel ausschliesslich nur als Segel. Ist der Wind so stark, dass er mehr Kraft liefert, als zur Translationsarbeit nothwendig ist, so kann er sogar, ohne an Segelgeschwindigkeit einzubüssen, gegen den Wind auffliegen, also in eine höhere Luftschichte sich ohne Ruderschlag erheben.

Diese Wirkung des Gegenwindes ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass der Segler von demselben beim Niederfluge innerhalb der Welle niedergedrückt, folglich die durch sein Gewicht unterhalb der Flügel geschaffene Luftverdichtung erhöht wird. Demnach muss die Geschwindigkeit am tiefsten Punkte v der Welle (Fig. 3) zunehmen. Desgleichen wird aber auch das Gewicht des Seglers beim Aufflug innerhalb der Welle durch den Gegenwind erleichtert und derselbe kann daher hier eine grössere Höhe erreichen. Es nützt also der Gegenwind dem Segler sowohl beim Nieder- als beim Auffluge, und da sich dies während der Dauer des Windes bei jeder Flugwelle wiederholt, so wird der Gegenwind zu einer beständig wirkenden Kraft, welche den horizontalen Antrieb auf seiner Höhe erhalten und selbst vermehren kann.

Allerdings wird durch den Gegenwind auch der Stirnwiderstand vergrössert; allein da der mittlere Querschnitt des Körpers sehr klein gegen die Flügelfläche ist und der Hals eine sanft gegen denselben abfallende Fläche bildet, so tritt dieses verstärkte Hinderniss sehr in den Hintergrund.

Je mehr dem Segler der Gegenwind zu statten kommt, umsoweniger bedarf er des wechselnden Unterschiedes an lebendiger Kraft, wie ihn der Segelflug schafft, desto kürzer und seichter kann er also die Wellen nehmen, bis endlich bei besonders günstigem Gegenwinde die sehr kleinen Wellen unserem Auge verschwinden und die Fluglinie demselben horizontal erscheint. Dies scheint, wie bereits früher bemerkt, die Flugart der Wandervögel zu sein.

Wenn der Segelvogel bei Hinterwind schneller fliegt als dieser, so verlängert sich jede Flugwelle um jenes Stück

Weges, welches der Wind während der Dauer derselben zurücklegt; allein da hier der Hinterwind gegen den Segler zurückbleibt, so kann er auch niemals zu einer Kraftquelle werden, wie der Gegenwind.

Nun ist aber bei Hinterwind noch eine andere Art Segelflug denkbar, von welcher ich aber nicht mit Bestimmtheit behaupten kann, ob sie von den Vögeln wirklich zeitweise eingehalten wird, weil es kaum ausführbar erscheint, im Freien die Geschwindigkeit des Seglers mit jener des Windes sicher zu vergleichen. Theoretisch ist aber die analysirende Betrachtung, dieser Art zu segeln, deshalb besonders belehrend, weil sie beide Methoden, die Geschwindigkeit des Fliegens mit jener des Windes zu vergleichen, deren in der Randbemerkung zu III gedacht wurde, nebeneinander zeigt und den Beweis liefert, dass beide Ansichten eigentlich auf Dasselbe hinauslaufen.

Es kann sich nämlich der Segler auch vom Hinterwinde treiben lassen, also hinter demselben zurückbleiben. Hiebei wird der Wind ihn während des Niederfluges innerhalb einer Welle gleichsam lüften oder leichter machen und daher die Luftverdichtung unterhalb seiner Flügel verringern, und ebenso wird er ihn während des Auffluges niederdrücken, daher den Widerstand gegen die unterhalb befindliche verdichtete Luft vermehren. Demnach schadet hier der Hinterwind dem Segelfluge genau so, als ein Gegenwind von gleicher Geschwindigkeit demselben nützen würde: der Segler verliert also hier fortwährend an Geschwindigkeit, während beim Gegenwinde dieselbe vollwerthig erhalten oder selbst noch vermehrt wird.

Es ist lehrreich, sich hier die absolute Geschwindigkeit des Seglers (das Wort »absolut« in Bezug auf einen als ruhend angenommenen Punkt der Erdoberfläche angewendet) in die beiden Theilgeschwindigkeiten zu zerlegen, von denen die Eigengeschwindigkeit des Seglers (sowie sein Stirnwiderstand), verglichen mit einem Punkte des vorrückenden Windes, als negativ anzusehen ist, weil derselbe hinter dem Winde zurückbleibt. Man denke sich den Fall, der Segler hätte seinen horizontalen Antrieb gänzlich erschöpft und wende die Schwanzfedern nach abwärts; er wird nun vom Hinterwinde aufgerichtet und gleitet, verglichen mit irgend einem vorrückenden Punkte des fort-

strömenden Windes, nach ab- und rückwärts. Am tiefsten Punkte der gleichsam rücklaufenden Flugwelle hat er seine hinteren Steuerfedern, welche er bisher immer mehr emporhob, bereits horizontal gestreckt und richtet sie in wachsendem Maasse mehr und mehr aufwärts; er wird also nunmehr durch seine erlangte lebendige Kraft rückwärts bergan getragen u. s. f. Diese relativ rückläufige Segelbahn ist aber dennoch für den auf dem Erdboden stehenden Zuschauer eine zwar hinter dem Winde zurückbleibende, aber nach der Windrichtung vorwärts laufende Wellenbahn, wovon man sich sogleich überzeugt, wenn man sie auf Papier aufträgt und jedem Punkte die zugehörige Windgeschwindigkeit beifügt.

Der horizontale Antrieb des Seglers ist zwar bei dieser Flugart negativ geworden, aber da die Windgeschwindigkeit ihn an numerischer Grösse übertrifft, so vertritt nunmehr der Unterschied zwischen diesen beiden Werthen die Stelle des horizontalen Antriebes.

Ist der Segler gezwungen, eine Windrichtung senkrecht oder schräge zu kreuzen, so muss er auch in horizontaler Richtung steuern, sei es durch schräges und seitliches Wenden seiner Schwanz- oder Steuerfedern, oder durch ungleiche Haltung seiner Flügel, oder endlich durch gleichzeitige Anwendung beider Mittel. Unter Umständen kann er sich auch gezwungen sehen, förmlich zu laviren, wobei er möglichst den Gegenwind als Kraftquelle und nur im Nothfalle den Hinterwind benützt, um sich von diesem auf grössere horizontale Entfernungen forttragen zu lassen.

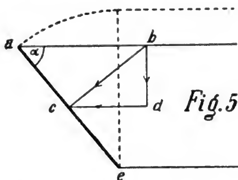
Das Kreisen der Segler endlich ist nur ein in Curven ausgeführter Segelflug.

V. Bewegungs-Gleichungen der Flugwelle.

Ehevor ich zum Ansatze der im Titel genannten Gleichungen schreite, muss ich der aërodynamischen Grundformeln für strömende Luft gedenken, deren wir hiezu bedürfen.

Stösst im unbegrenzten Luftraume der Wind mit der Geschwindigkeit v rechtwinklig gegen eine ebene dünne Platte vom Inhalte F, so muss der auf deren Vorderseite entstehenden Luftverdichtung, gleichgiltig wie wir uns den Weg der einzelnen

Windtheilchen vorstellen mögen, die lebendige Kraft $^1/_2\, mv^2$ angehören. Auf der Rückseite der Platte wird aber eine gleichwerthige Verdünnung entstehen, weil hier wegen des Strömungshindernisses, welches die eingeschobene Platte bewirkt, verglichen mit der Dichte der ruhigen Luft, gerade um so viel weniger Lufttheilchen zuströmen, als der Vorderseite mehr zufliessen*); es wird also der Rückseite die lebendige Kraft $- {}^1/_2\, mv^2$ zukommen. Beide ergeben im Unterschiede mv^2 als lebendige Kraft der Gesammtwirkung. Die letztere aber ist gleichwerthig mit der zugehörigen Arbeit; wenn wir also den Werth mv^2 durch die Geschwindigkeit v theilen, so ergibt der Quotient mv den hiebei entstehenden Gesammtdruck. Die Masse m kann durch das Gewicht $F\gamma v$, getheilt durch die Beschleunigung der Schwere g, ausgedrückt werden, wobei F den Flächeninhalt und γ die jeweilige Dichte der Luft (Gewicht von 1 m^3) bedeutet. Es ist somit der senkrechte Druck auf die Platte $N_0 = \frac{\gamma}{g} F v^2$. Diesen Werth hat R. v. Lössl durch seine schönen und werthvollen Versuche auch bestätigt gefunden.



Hält aber der Wind mit der schräg gestellten Platte ae nach Fig. 5 einen spitzen Winkel α ein, so geben v. Lössl's Versuche für die Normalkraft N einen von der Theorie abweichenden Werth. Nach letzterer wäre $N = m_1 v_1$. Nun ist aber der Windstrahl schmäler geworden und dessen Masse ist

*) Wie beträchtlich der Unterschied zwischen der Vorder- und Rückseite einer sich bewegenden Platte sich gestalte, geht aus nachstehenden Worten E. J. Marey's hervor, die sich auf eine im Kreise bewegte Platte beziehen (a. a. O. S. 215): „Dans le mouvement circulaire, la pression que l'inertie de l'air produit devant le plan en mouvement tend à se faire sentir dans le tube manométrique, avec une force précisément égale et contraire à la force centrifuge qu'elle neutralise entièrement; de sorte que, pour toutes vitesses de rotation, un manomètre plongeant dans l'air comprimé au devant d'un plan tournant marque toujours zéro. Mais si l'on met l'ouverture du tube en rapport avec la face postérieure du plan tournant, le manomètre indique une pression négative très forte."

nur mehr $m_1 = m \cdot \sin\alpha$. Ebenso ist die Normalgeschwindigkeit $v_1 = v \sin\alpha$; es wäre somit $N = \frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^2\alpha$, während v. Lössl's Versuche $N = \frac{\gamma}{g} F v^2 \sin\alpha$ bewerthen. Hieraus ergibt sich mit Bezug auf Fig. 5 folgende Gegenüberstellung:

	Theorie	v. Lössl's Versuche	
senkrechter Druck $N_0 =$	$\frac{\gamma}{g} F v^2$	$\frac{\gamma}{g} F v^2$	(1)
Normaldruck bc od. $N =$	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^2\alpha$	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin\alpha$	(2)
Paralleldruck dc od. $P =$	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^3\alpha$	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^2\alpha$	(3)
Seitendruck bd od. $S =$	$\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^2\alpha \cos\alpha$	$\frac{\gamma}{2g} F v^2 \sin 2\alpha$	(4)

Ein Blick auf diese Formeln genügt, um zu erkennen, dass die Formeln (3) und (4) die Berechnung jener Kräfte darstellen, welche bei Besprechung des Einflusses, den der Wind beim Horizontalflug ausübt, in Betracht kamen.

Wir wollen jetzt das Gesetz der Flugwelle, und zwar zunächst für ein Wellenthal der Fluglinie, wenigstens annähernd zu ermitteln suchen und zu diesem Ende die Horizontale zur Abscissen- und die Richtung der Schwere zur Ordinatenaxe nehmen. Die positiven Werthe der Abscissen sind nach rechts, jene der Ordinaten in Richtung der Schwere, also nach unten, zu zählen. Der Widerstand der Luft gegen die Flügel in der Abscissen- oder horizontalen Richtung ist nach (3) $\frac{\gamma}{g} F v^2 \sin^2\alpha$, jener der Schwanzfedern, wenn diese unter einem spitzen Winkel β nach hinten, also unter einem stumpfen $= 180^\circ \pm \beta$ gegen die Horizontale auf- oder abwärts gerichtet sind, ist $= \frac{\gamma}{g} f v^2 \sin^2\beta$, wobei v jene horizontale Geschwindigkeit bedeutet, welche der Vogel relativ zu der des Windes einhält; endlich ist, soferne die Pfeilhöhe der Welle gegen ihre Sehnenlänge zurücksteht und s den Bogen, q den mittleren Körperquerschnitt, ferner c eine Constante vorstellt,

der Stirnwiderstand in der Abscisse $= c\,q \frac{\gamma}{g} \frac{dx}{ds} v^2$. Wenn wir nun noch den horizontalen Antrieb mit A benennen und uns erinnern, dass $v = \frac{dx}{dt}$ ist, und die Beschleunigung innerhalb der Abscisse demnach durch $\frac{d^2x}{dt^2}$ auszudrücken kommt, sowie, dass jede Bewegungsgleichung in der Gleichstellung des Productes aus Masse und Beschleunigung mit der Differenz (für den Niederflug: der Summe) aus Kraft und Widerstand besteht, so haben wir nunmehr für die Abscisse, soferne der Vogel als kurzhalsig vorausgesetzt wird:

$$\frac{\gamma}{g} \frac{d^2x}{dt^2} = A \pm \frac{\gamma}{g} \left(F \sin^2 \alpha \mp f \sin^2 \beta \mp c\,q \frac{dx}{ds}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)^2,$$

oder auch:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g}{\gamma} A \pm \left(F \sin^2 \alpha \mp f . \sin^2 \beta \mp c\,q \frac{dx}{ds}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)^2. \quad (5)$$

Das obere Zeichen gilt für den Niederflug, wo der Hauptwiderstand eine bewegende Kraft erzeugt, das untere dagegen für den Aufflug, wo derselbe dem Antrieb entgegen wirkt. Der Stirn- und der durch die Steuerfedern erzeugte Widerstand sind hiebei stets im negativen Sinne wirksam.

Unter derselben Voraussetzung, welche für den Stirnwiderstand angenommen wurde, lässt sich der Körperwiderstand nach verticaler Richtung durch den Werth $c_1 Q \frac{\gamma}{g} v^2 \frac{dy}{ds}$ ausdrücken, wobei c_1 wieder eine Constante und Q den Längenschnitt des Vogelkörpers darstellt. Nennen wir noch das Gewicht desselben G und denken wir uns die gemeinschaftlichen Factoren ausser die Klammer gesetzt und die Bewegungsgleichung durch $\frac{g}{\gamma}$ multiplicirt, so lautet dieselbe mit Rücksicht auf die Gleichung (4), welche hier zu benützen kommt, für die verticale Ordinate:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{g}{\gamma} G - \tfrac{1}{2} \left(F \sin 2\alpha + f \sin 2\beta + 2 c_1 Q \frac{dy}{ds}\right) \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \quad (6)$$

Diese Gleichung besitzt kein Doppelzeichen, sondern sie gilt sowohl für den Nieder- als für den Aufflug; nur ist für

den ersteren die Beschleunigung links positiv, für den letzteren aber negativ, daher dort der erste Theil rechts grösser, hier aber kleiner als der zweite.

Beide Gleichungen (5) und (6) wurden hier zunächst für ein Wellenthal der Fluglinie entwickelt. Bedenkt man aber, dass für einen Wellenberg die Schlussfolgerungen dieselben bleiben und eigentlich nur der Unterschied gegen das Wellenthal besteht, dass beim Wellenberge die Bewegungen im verticalen Sinne in umgekehrter Ordnung vor sich gehen, dass endlich auch die Winkel α und β ein von jenem beim Wellenthale nicht sehr abweichendes Abhängigkeitsverhältniss von x besitzen dürften, so kann man wohl behaupten, dass auch die Curve des Wellenberges sich jener des Wellenthales ähnlich gestalten und in der Wesenheit beide nur durch ihre verschiedene Stellung nach der Ordinatenrichtung sich von einander unterscheiden werden.

Behufs Integration von (5) hätten wir, da $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ ist, für den Kopfwiderstand allenfalls einen Mittelwerth anzunehmen, jedenfalls aber die Winkel α und β durch x auszudrücken. Wäre es gelungen, derart x als eine Function von t zu erhalten, so ergäbe auch (6) getrennte Differentialwerthe von y und t und nach zweimaliger Integration die Relation zwischen diesen beiden Grössen, endlich schliesslich die Elimination von t das Gesetz der gesuchten Curve. Jedoch ist (5) auch bei Annahme noch so einfacher Beziehungen zwischen x und den Winkelfunctionen von α und β nicht integrabel, und die Berücksichtigung des Umstandes, dass wahrscheinlich der Segler die Flügel und Steuerfedern instinctiv derart richtet, dass ihm hieraus der grösste Arbeitsgewinn erwächst, würde die Sache noch verwickelter gestalten. Allein zum Glücke wird der Segelflug in der Regel unter starkem horizontalen Antrieb und in flachen Bögen derart ausgeführt, dass die Segelgeschwindigkeit dem Auge als eine ziemlich gleichförmige erscheint, und dieser Umstand vereinfacht die weitere Untersuchung in ausserordentlicher Weise.

Unmöglich könnte die Segelgeschwindigkeit eine nahezu gleichförmige sein, wenn die Widerstände von einem Mittelwerthe, welchen wir in (6) für die Einheit der Geschwindigkeit

mit m bezeichnen, stark abweichen würden. Demnach erhalten wir aus (6), wenn wir zugleich die verticale Geschwindigkeit v_1 einführen:

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{g}{\gamma} G - v^2 m.$$

Die verticale Beschleunigung steht daher in annähernd verkehrtem Verhältniss mit der Luftdichte γ, und hierin mag der Grund zu suchen sein, weshalb beispielsweise die Schwalben vor Eintritt schlechter Witterung, wo das Barometer zu sinken pflegt, ihre Fluglinien näher dem Erdboden wählen.

Da derart $v^2 m$ als eine Constante betrachtet werden kann, so charakterisirt sich die Bewegung in verticaler Richtung beim Niederfluge als eine gleichförmig verzögerte, beim Auffluge aber als eine gleichförmig beschleunigte, und nachdem auch die Geschwindigkeit v längs der horizontalen Abscisse als eine nahezu gleichbleibende anzusehen ist, so treten hier ganz dieselben Umstände ein, wie bei der Wurfparabel, und ich kann daher behaupten:

Bei grösserem horizontalen Antriebe und flachen Flugwellen kann die Fluglinie des Schönseglers als aus lauter Parabelstücken zusammengesetzt angesehen werden.

Die Axen aller Parabeln sind hiebei zu einander parallel und stehen sämmtlich lothrecht. Für die horizontale Flugrichtung können sie als Kegelschnitte bei senkrecht zur Grundfläche stehender Axe, für die an- und absteigenden Fluglinien aber als solche mit schiefstehender Axe des Kegels angesehen werden.

Aus (5) können wir jetzt auch eine Gleichung für den horizontalen Antrieb A gewinnen. Bezeichnen wir dort den Summenausdruck unter der Klammer mit:

$$n \mp p \mp k,$$

worin n den Widerstand der Flügel und des Unterkörpers, ferner p jenen der Steuerfedern und k den zugehörigen Stirnwiderstand bedeutet, so haben wir, wenn wir bedenken, dass $\frac{dx}{dt} = v$ ist, zunächst:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{\gamma} A \pm (n \mp p \mp k) v^2 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (7)$$

Nehmen wir jetzt an, dass der Segler eben die ersten Flugwellen nach seinem Niedersturze von steiler Höhe beschreibe, so können wir

$$v = \sqrt{2g(h - h_1)}$$

setzen, wobei h die ganze Sturz- und h_1 die zugehörige Hindernisshöhe bedeutet. Setzt man nun diesen Werth in (7) ein und bedenkt man, dass der linksseitige Theil der dortigen Gleichung sich gleich Null annehmen lasse, weil v nach einem höheren Absturze und tiefer gewählten Segelfluge als constant angesehen werden, und dass auch der vorletzte Factor in (7) nicht weit von einem Mittelwerthe abweichen kann, so ergibt die Freistellung für den Niederflug sehr annähernd:

$$A = -2\gamma(h - h_1)(n - p - k).$$

Das negative Vorzeichen rechts erklärt sich leicht aus dem Umstande, dass $dv = o$ gesetzt wurde.

Der horizontale Antrieb wächst also nach dem ersten Niederfluge mit der Dichte der Luft, mit der Absturzhöhe und mit dem Flügel- und Unterkörper-Widerstande. Eine Abminderung dieses Antriebes findet nur durch den Widerstand der Steuerfedern und den Stirnwiderstand statt, welche in zwei Factoren der Gleichung deren Werth herabsetzen, während zwar der Flügel- und Unterkörper-Widerstand ebenfalls zur Bildung der Hindernisshöhe h_1 beiträgt, aber dafür im letzten Factor als fördernder Werth auftritt.

Berücksichtigen wir weiter, dass die zum Widerstande n gehörige verticale Componente sich wie eine elastische Feder verhalte, welche in jeder Flugwelle durch das Gewicht des Seglers zusammengedrückt, demselben diese Arbeit durch Emporheben grösstentheils wieder zurückgibt und dass der Gegenwind für denselben zu einer andauernden Kraftquelle sich gestaltet, so können wir nicht in Abrede stellen, dass uns diese Erscheinung wie ein Naturwunder in Erstaunen setzen müsse, weil wir gewohnt sind, den Luftwiderstand stets als ein Bewegungshinderniss zu betrachten, während wir ihn beim Segelfluge, soweit er durch die Flügel und den Unterkörper verursacht wird, — sit venia verbo — als einen nützlich wirkenden Widerstand und als eine active Kraft auf die Scene treten sehen.

VI. Folgerungen für den Kunstflug mit Maschinen.

Obwohl ich glaube, dass der Kunstflug einzelner Personen lediglich mit Hilfe ihrer Muskelkraft und namentlich mit Hilfe ihrer Füsse, welche muskulöser als die Arme gebaut sind, bei genauer Beobachtung der Gesetze des Segelfluges ausführbar wäre, so scheide ich ihn doch bis auf eine spätere kurze Bemerkung aus meiner Betrachtung aus, weil ich der Ueberzeugung bin, dass die Menschen, wie derzeit auf Dampfschiffen und Eisenbahnen, dereinst wohl gemeinsame Reisen auch durch die Luft machen, nicht aber, oder höchstens nur zu ihrem Vergnügen, in vereinzelten Exemplaren dieselbe durchfliegen werden.

Die hier aus dem Segelflug der Vögel zu ziehenden Folgerungen beziehen sich daher nur auf grössere, mit Maschinen ausgerüstete Luftfahrzeuge.

1. Der Mensch ist immer, der Segelvogel durch den grösseren Theil seiner Zeit auf die Erde angewiesen; für Luftfahrten muss sich also jener so einrichten, wie dieser, d. h. er muss ein Fahrzeug wählen, welches schwerer ist, als die verdrängte Luft.

2. Das langdauernde Verkennen dieser einfachen Wahrheit und der überaus langsame Durchbruch, welcher ihr leider anhaftet, weil man bis in die neueste Zeit dem unglückseligen Wahne huldigte, ausschliesslich nur der Ballon mit Auftrieb habe für den Menschen das Geschäft des Vogels zu lösen, tragen die Schuld, dass die Luftschiffahrt während einer Zeit, wo Industrie und Verkehr wahrhaft reissende Fortschritte machten, ein Jahrhundert lang fast auf dem gleichen Standpunkte stehen blieb. Man übersah eben, dass der Ballon mit Auftrieb ganz andere Aufgaben habe, als grössere Nutzlasten in beträchtliche Fernen zu tragen.

3. Zwischen der Ueberwucht des Luftfahrzeuges und seiner Segelfläche, welche den Flügeln des Vogels entspricht, hat ein gewisses Verhältniss zu bestehen, so dass mit jener auch diese entsprechend zunimmt. Wenn ich nun (und es sprechen nach IV. manche Umstände hiefür) das Verhältniss des Gewichtes zur Einheit der Flügelfläche wie beim Adler wähle, bei welchem

nach Kargl 5·6 *kg* auf 1 m^2 Flügel entfallen, so kommt vor Allem festzustellen, mit welcher Geschwindigkeit ein hiernach erbautes Luftschiff, dem freien Falle überlassen, am Erdboden anlangen würde.

Die Maximalgeschwindigkeit v, nach deren Erreichung das Luftschiff in gleichförmig bleibender Bewegung endlich auf den Erdboden gelangen würde, lässt sich leicht finden, wenn man die hiefür geltende Bewegungsgleichung

$$\frac{\gamma}{g} \cdot \frac{dv}{dt} = G - \frac{\gamma}{g} F v^2,$$

in welcher G das Gewicht beziehungsweise die Ueberwucht des Schiffes bedeutet, die übrigen Werthe aber von früher her bekannt sind, für den vorliegenden Fall umstaltet. Nehmen wir daher, da die Bewegung eine gleichförmige wird, $dv = 0$, so kommt

$$G - \frac{\gamma}{g} F v^2 = 0 \text{ und hieraus } v = \sqrt{\frac{Gg}{F\gamma}}.$$

Setzen wir jetzt $G = 5·6$ *kg*, $F = 1$ und für höhere Luftschichten $\gamma = 1·1$ *kg*, so kommt $v = 7$ *m* und dies wäre eine ziemlich grosse Geschwindigkeit; aber man hat zu bedenken, dass man auch bei der Landung das Beispiel der Vögel nachzuahmen habe, welche unter schliesslicher starker Erhebung der Flügel schräge gegen den Erdboden niederfliegen. Bei Einhaltung eines kleinen Landungswinkels bleibt für den verticalen Stoss, der sich überdies noch durch Puffer mildern lässt, eine nur kleine Componente übrig, während der horizontale Antheil der Kraft sich durch starke Neigung des Horizontalsegels und Bremsung vorhandener Räder beheben lässt.

4. Würde das angenommene Verhältniss zwischen Segelfläche und Belastung eine stärkere Abweichung von der Schönsegelcurve mit sich bringen, so gibt es in der Segelstellung noch ein zweites Mittel, diese Segellinie zu erreichen, welches wir später kennen lernen werden.

5. Längere Steuerfedern sind dem Segelvogel, wenn er nicht mit einem sehr langen Halse versehen ist, zur rhythmischen Aenderung seiner Körperlage während des Segelfluges unumgänglich nothwendig. Beim künstlichen Segelfluge fällt die Nachahmung derselben hinweg, weil die Gondel stets horizontal bleiben soll.

6. Die Steuerung im horizontalen Sinne verrichtet der Segler theils durch die Schwanzfedern, theils durch die Flügel. Beim künstlichen Segelfluge ist ein eigenes Steuerruder nothwendig, wenn nicht das Segel derart eingerichtet ist, dass es zugleich das Geschäft des Steuerns besorgen kann.

7. Die Flügel der Vögel sind auf der Unterfläche concav, und O. Lilienthal legt in seiner eingangs erwähnten Schrift grossen Werth auf diese Einrichtung. Mich dünkt dieselbe aus zweierlei Gründen nothwendig: erstlich, um der durch die Flügel unterhalb verdichteten Luft den seitlichen Austritt zu erschweren, und zweitens, um seitliche einander entgegenwirkende Kräfte zu schaffen, welche den Vogel in der Verticalebene des Fluges erhalten. Bei ganz ebenen Flügelflächen würde der Vogel, wenn auch in geringerem Grade, in ähnlicher Weise senkrecht auf die Fluglinie hin und her schwanken, wie ein Papierdrachen, wenn er zur Erde niederfällt. Das Segel, welches beim künstlichen Fluge die Flügel nachahmt, sollte daher, wenn dies ausführbar ist, nicht die Gestalt einer einzigen ununterbrochenen Ebene besitzen.

8. Besonders bei kleineren Seglern bemerkt man, dass sie Flügelschläge niemals beim Niederfluge, sondern stets beim Auffluge machen. Es hat dies seinen guten Grund; denn würden sie beim Niederfluge die Flügelschläge verrichten, so würden sie die so vortheilhaft durch die eigene Schwere zu bewirkende Bildung einer Gleitbahn beeinträchtigen. Dagegen befördern die Flügelschläge beim Aufwärtsfluge den Auftrieb. Ebenso sollte auch die Maschine des Fahrzeuges, wenn ihr unterhalb der Gondel befindliches Flügelrad eine lothrechte Welle besitzt, nur beim Auffluge arbeiten; oder wenn die Maschine beständig arbeitet, so sollte eine derartige Einrichtung getroffen werden, dass auch während des Niederfluges die Luftverdichtung unterhalb des Segels vermehrt wird.

9. Will der Segler seinen Flug beginnen, so fliegt er entweder unter Anlauf gegen den Wind auf, oder er macht bei Windstille, nachdem er sich von der Erde abgestossen hat, sehr lebhafte Flügelschläge im Auffluge, oder endlich, er stürzt sich mit ausgebreiteten und gesenkten Flügeln von steiler Höhe herab; denn stets muss er zur Durchführung des Segelfluges

eine grosse Anfangsgeschwindigkeit oder, als Kraft betrachtet: einen bedeutenden horizontalen Antrieb erreichen. Von diesen Mitteln ist der künstlichen Segelfahrt wohl nur das letzterwähnte am besten zugänglich. Da aber die Abflugstationen, welche eine Höhe von 150—180 *m* besitzen müssen, nicht auf förmliche Berggipfel verlegt werden können, so sind an denselben allerdings mehr oder minder kostspielige Einrichtungen zur Emporhebung der Flugschiffe zu treffen. Da aber die Abflugstationen sehr weit auseinander zu liegen kommen sollen, die Luftbahn aber stets kostenlos fertig und bereit liegt, so bleiben die Anlage- und Betriebskosten doch ungemein weit hinter jenen von Eisenbahnen und Canälen zurück.

10. Durch den Umstand, dass nunmehr die Hebung des Luftschiffes auf die erforderliche Höhe stationären Einrichtungen überlassen bleibt, hat sich dieses nur mehr auf die Ueberwindung des Stirnwiderstandes einzurichten, und hiefür reicht selbst für grosse Schiffsdimensionen eine Maschine mit einer mässigen Anzahl von Pferdekräften aus; denn, wie ich unter IV. und V. bewiesen habe, ist der Flügel- oder hier der Segelwiderstand eine nützliche Kraft und kommt daher nicht als Hinderniss in Betracht.

Wie gross aber die durch den Segelflug gänzlich ersparte Schwebearbeit sei, kann man ermessen, wenn man beispielsweise annimmt, es sei in einem Luftfahrzeuge die todte Last durch einen beigegebenen Ballon gänzlich aufgewogen worden und es seien mittels desselben etwa 50 Personen zu befördern, welche sammt Handgepäck im Durchschnitte einzeln 85 *kg* wiegen, zusammen also ein Gewicht G = 4250 *kg* besitzen.

Dieser freischwebenden Ueberwucht würde, wenn sie lothrecht im Raume niederfiele, nach der oben unter 3 gegebenen Entwicklung eine Maximalgeschwindigkeit

$$v = \sqrt{\frac{G g}{F \gamma}}$$

zukommen, wonach die Luft unter dem Horizontalsegel, welches beim Luftschiffe die Stelle der Flügelfläche vertritt und dessen Fläche ich mit F bezeichnen will, das Maximum der Dichte

angenommen hätte. Würde man nun die Einrichtung treffen, dass Luft von gleicher Dichte beständig unter dem Segel (etwa durch eine Maschine) erzeugt würde, so würde das Luftschiff schwebend erhalten werden; wir hätten dann die hiefür nöthige Arbeit S, wenn wir der Formel (1) noch den Factor v beifügen:

$$S = \frac{\gamma}{g} . F v^3 = \frac{\gamma}{g} . F \left(\frac{Gg}{F\gamma}\right)^{\frac{3}{2}} = G^{\frac{3}{2}} \sqrt{\frac{g}{F\gamma}}.$$

Da man annähernd annehmen kann, dass das Arbeitsvermögen eines Vogels mit seinem Gewichte im Verhältniss stehe, so erhellt hieraus, wie schwer sich grössere Vögel beim Horizontalfluge thun, und dass sie nothwendig auf das Segeln angewiesen sind, zumal als auch ihre relative Flügelfläche mit ihrer Grösse abnimmt.

Für unser Beispiel, wofür eine spätere Rechnung (unter IX.) $F = 759\ m^2$ ergibt, wird $S = 400$ HP. eff. Man ersieht hieraus, welch ungemeine Arbeitsersparniss die Nachahmung des Segelfluges gewährt.

11. Es ist allerdings recht gut erdacht und sehr verlockend, einen mit leichtem Gase gefüllten Ballon mit dem Luftfahrzeug derart in Verbindung zu bringen, dass die todte Last nahezu oder gänzlich aufgehoben und die zu befördernde oder Nutzlast zugleich als die für den Segelflug selbst nothwendige Belastung ausgenützt wird. Allein, werfen wir wieder einen Blick auf die Vorbilder in der Natur, die stets unsere Lehrmeisterin bleiben soll, weil aus ihren Einrichtungen und Erzeugnissen immer und überall die höchste Weisheit herausleuchtet!

Wäre den Segelvögeln eine ähnliche, mit einem dünneren Medium als die Luft erfüllte Blase unumgänglich nothwendig, so hätte sie die Natur gewiss damit ausgestattet. Sie hat ihnen aber nur marklose Knochen und hohle Kiele gegeben und damit angedeutet, dass das Material mit der Güte auch die widerstandsfähigsten Formen verbinden solle. Deshalb glaube ich — und ich werde gegen den Schluss dieser Schrift darauf zurückkommen — dass die Bestrebungen, die Luftschiffahrt für den Grossverkehr zu umstalten, in dem gänzlichen Verzicht derselben auf den Ballon gipfeln werden.

VII. Lenkung der Luftschiffe.

Es war kein besonders glücklicher Griff, welcher für Lenkung der Luftschiffe den Luftflügel an horizontaler Welle innerhalb der Gondel wählte und bis in die neueste Zeit festhielt. Der berühmt gewordene Ballon »La France« von Rénard & Krebs machte in den letzten Jahren wiederholte Fahrten, über deren eine vom Jahre 1885 mir folgende Daten zur Hand liegen: Widerstandsfläche 55·4 m^2, erreichte Secundengeschwindigkeit 6·2 m, Kraft der elektro-dynamischen Maschine 9 Pferde.

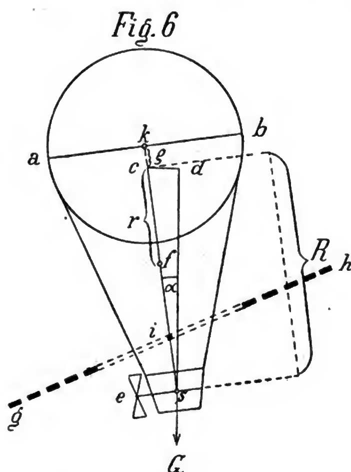
Fügt man der Formel (1) noch die Factoren v und $\frac{1}{6}$ bei, ersteren als Geschwindigkeit, letzteren in Uebereinstimmung mit der Annahme auf S. 146 der Zeitschrift für Luftschiffahrt vom Jahre 1888, als Reductions-Coëfficienten der langgestreckten cigarrenähnlichen Form des Ballons gegenüber einem normal gestellten Querschnitte, so erhält man die Arbeit, welche die Ueberwindung des Luftwiderstandes erforderte =

$$\frac{1}{6}\,\frac{\gamma}{g}\,F\,v^3 = \frac{1}{6} \times \frac{1{\cdot}1}{9{\cdot}81} \times 55{\cdot}4 \times 6{\cdot}2^3 = 242\ mkg = 3\tfrac{1}{4}\ \text{HP}.$$

Es müssten also zwischen dem grossen Luftflügel und der Motorswelle nahezu zwei Drittel der Arbeit verloren gegangen sein, um diesen Unterschied zu rechtfertigen.

Ich glaube aber, es sei ein Theil dieses Verlustes auch darin zu suchen, dass die Luftflügelwelle nicht in Höhe des Mittelpunktes des Ballons, sondern unterhalb desselben gelegen ist, woher es kommt, dass dieselbe ungeachtet des vorhandenen Auftriebes noch einige Schwebearbeit zu verrichten hat. Der Mittelpunkt c der verdrängten Luft fällt nahe an die horizontale Axe ab des Ballons Fig. 6, welchen wir hier der Einfachheit in der Darstellung halber kugelförmig annehmen. Zugleich ist aber c als Drehungspunkt eines Kräftepaares anzusehen, von denen der Luftwiderstand am Ballon in b, jener aber, welcher durch den Propeller erzeugt wird und nach der entgegengesetzten Seite wirkt, an der Axe bei e seinen Angriff übt.

Durch diese angestrebte Drehung wird das System aus der Verticalen gebracht und dessen Mittellinie ks schliesst nun mit ihr einen Winkel α ein. Der Drehung selbst wird durch das Gewicht G aller Theile des Ballons, welche schwerer sind als die Luft, ein Ziel gesetzt. Dieses Gewicht wirkt an dem Hebelsarme cd und es ist somit dessen statisches Moment $= G\,R \sin \alpha$, wobei R die senkrechte Entfernung des Schwerpunktes s vom Punkte c vorstellt. Denken wir uns jetzt die Flügelachse es,



wie dies die Figur darstellt, durch den Schwerpunkt gehend, so ist die von d nach e übertragene Spannkraft $= Q \, . \sin \alpha$. Befände sich aber die Flügelwelle oberhalb des Schwerpunktes s, also etwa in f, und bezeichnen wir $cf = r$, so wäre allgemeiner die von d nach f übertragene Kraft $= \frac{R}{r} G \sin \alpha$, und wenn v die Geschwindigkeit des Ballons bedeutet, die wegen Schiefstellung desselben verrichtete Arbeit =

$$\frac{R}{r} G\,v \sin \alpha.$$

Benennen wir jetzt den Luftwiderstand in b mit W, so ist sein statisches Moment in Bezug auf c, wenn $ck = \rho$ gesetzt wird, $= W \rho$. Bedenken wir ferner, dass bei einem Kräftepaare jeder der beiden Kräfte dasselbe statische Moment zukomme, so haben wir auch:

$$G R . \sin \alpha = 2 \rho W.$$

Wird hier endlich sin α freigestellt und dessen Werth in den oberen, auf besondere Zeile gestellten Ausdruck eingesetzt, so ist die Arbeit des Luftflügels wegen Schiefe der Ballonachse =

$$\frac{2 \rho}{r} . W v.$$

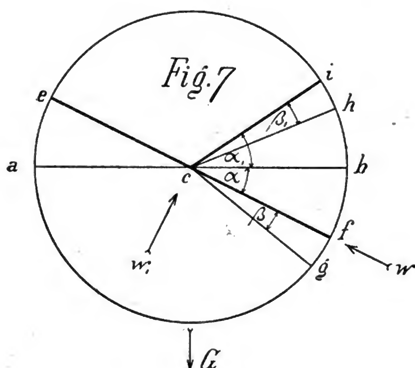
Je grösser also der Rauminhalt der unterhalb des Ballons befindlichen Theile, je näher die Flügelaxe dem Ballon steht und je schneller dieser die Luft durchdringt, um so grösser wird die durch die Schiefe der Ballonaxe veranlasste Arbeit, welche jener des zu überwindenden Luftwiderstandes noch zuwächst, und sie nimmt, wie die letztere, im kubischen Verhältnisse der Ballongeschwindigkeit zu.

Die Schiefstellung des Systems bringt aber überdies noch einige Vergrösserung des Luftwiderstandes mit sich, indem dann nicht mehr die grösste Querschnittsfläche des Ballons, sondern die verticale Projection desselben und der Gondel als die Widerstandsfläche zu betrachten sind und hiedurch der anderweitige Nutzen langgestreckter Ballons wieder etwas beeinträchtigt wird.

Zu viel schöneren Hoffnungen berechtiget daher bei Rückkehr zu den Vorbildern der Natur die Nachahmung der Flügel durch eine Segelfläche. Dieselbe hat Petin und später (1863) der Amerikaner Dr. Andrews aus Perth zu einem praktischen Erfolge gebracht. Dieser baute nämlich einen Ballon, welcher aus drei walzenförmigen, untereinander wohlverbundenen Stücken bestand und solchergestalt eine Art Floss darstellte, dem man vermittels eines in der Gondel befindlichen Ballastwagens verschiedene Neigungen zum Horizonte geben konnte. Ueber einen Versuch mit dieser Vorrichtung berichtete der »Engineer«, dass sie jedem Drucke des Steuers Folge geleistet, ihren Aufflug

spiralförmig genommen und mit grosser Geschwindigkeit zuletzt Kreise von mehr als 2·4 *km* Umfang beschrieben habe.

Später zwar, jedoch in viel getreuerer Naturnachahmung, erdachte Prof. Wellner, ein Oesterreicher, ein Horizontalsegel, welches ebenso wie der Flügel des Vogels zum Segelfluge sich eignet, zugleich aber wie dieser auch die Steuerung übernehmen kann. Es besteht dasselbe lediglich in einer um ihren Mittelpunkt drehbaren grossen, runden und ebenen Scheibe, welche wir uns vorläufig voll denken wollen und welche an passender Stelle dem Fahrzeuge eingeschaltet zu denken ist.



Wellner begleitete seine Erfindung mit einer hübsch angelegten Rechnung, welche aber den horizontalen Antrieb nicht berücksichtigt, daher sie nur für den Anfangspunkt einer Fluglinie gilt, wenn der Segler ohne Anlauf den Flug beginnt, oder aber, wenn sich ein Fahrzeug mit Ueberwucht plötzlich von steiler Höhe herabstürzt. Selbst für diesen Fall ist sie aber nur als eine Annäherungsrechnung zu betrachten, weil Wellner's Ansätze Ruhe voraussetzen, während doch Bewegung stattfindet.

Ich will also jetzt, dem Ideengange Wellner's folgend, dessen Segelrechnung in allgemeinerer Fassung geben, und benenne ebenfalls, mit Bezugnahme auf Fig. 7 und unter der Voraussetzung, dass das Fahrzeug im Niederfluge begriffen sei:

W den Widerstand innerhalb der Mittelebene der Segelfläche ef,
W_1 den Widerstand senkrecht auf dieselbe,
F die widerstehende Stirnfläche,
F_1 die Unterfläche des Segels,
α den Winkel, welchen die Segelebene mit der Horizontalen ab einschliesst,
β den Winkel zwischen der Segelebene und der augenblicklichen Fahrtrichtung cg,
A den horizontalen Antrieb,
G das Gewicht des Fahrzeuges.

Die Coordinaten gelten nach rechts und nach unten als positiv und die Winkel zählen ebenfalls nach unten in Richtung des Uhrzeigerganges.

Die Normalpressungen in Richtung der Stirn- und Unterfläche des Segels sind nach Gleichung (2):

$$W = \frac{\gamma}{g} F v^2 \cos\beta \; ,$$

$$W_1 = \frac{\gamma}{g} F_1 v^2 \sin\beta .$$

Die Projection auf die Verticale und Horizontale ergibt:

$$G = W_1 \cos\alpha + W \sin\alpha \; ,$$

$$A = W \cos\alpha - W_1 \sin\alpha .$$

Eliminirt man aus diesen beiden Gleichungen einmal W und das andere Mal W_1 und setzt diese Werthe frei, so gibt ihr bruchweiser Ansatz gleichzeitig mit jenem aus den beiden ersten Gleichungen:

$$\frac{W}{W_1} = \frac{G \sin\alpha + A \cos\alpha}{G \cos\alpha - A \sin\alpha} = \frac{F \cos\beta}{F_1 \sin\beta} .$$

Hieraus wird dann endlich:

$$\frac{G \operatorname{tg}\alpha + A}{G - A \operatorname{tg}\alpha} \cdot \operatorname{tg}\beta = \frac{F}{F_1} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (10)$$

Setzt man, wie Wellner annimmt, $A = 0$, was aber für den mit grösserer Geschwindigkeit ausgeführten Segelflug nicht angeht, so bekommt man dessen Gleichung.

Durch die Elimination von v^2 wird der Hauptwiderspruch aus der Rechnung entfernt; denn die Ansätze derselben waren

ja statische, also unter Voraussetzung der Ruhe gemacht, während doch eine starke Bewegung stattfindet, und in Wahrheit ist stets:

$$A > W \cos\alpha - W_1 \sin\alpha$$

und abwechselnd:

$$G \gtrless W_1 \cos\alpha + W \sin\alpha \ ,$$

und zwar letzteres, je nachdem Niederflug oder Aufflug vorhanden ist.

Eben weil aber v^2 eliminirt wurde, liefert die Gleichung (10) Näherungswerthe; es hätte aber keinen rechten Sinn, die Geschwindigkeit v aus Ansätzen ermitteln zu wollen, welche für den Fall der Ruhe gemacht wurden. Ganz zutreffend wäre obige Gleichung (10) nur, und dann auch für Ermittlung von v geeignet, wenn das Fahrzeug bei einem Horizontaldruck = A ruhig in der Luft stände und der Wind mit der Geschwindigkeit v gegen dasselbe blasen würde. Hiebei ergäbe der Winkel β die Richtung der Resultirenden, deren Werth leicht zu ermitteln wäre.

Die Gleichung (10) gilt zunächst nur für den Niederflug. Um sie nunmehr für den Aufflug umzugestalten, haben wir zu bedenken, dass hier die Bahn, deren Richtung jetzt ch wäre, ebenfalls unterhalb der Segelfläche ci liegt, somit β_1 positiv bleibt, während für α der Winkel $360° - \alpha_1$ einzusetzen kommt. Es wird dann:

$$\frac{A - G \operatorname{tg} \alpha_1}{G + A \operatorname{tg} \alpha_1} \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{F}{F_1} .$$

Der Vergleich mit (10) zeigt, dass für ein gleiches Verhältniss der Widerstandsflächen und eine numerisch gleiche Neigung des Segels zum Horizonte beim Auffluge die Bahnrichtung tiefer unter der Segelfläche liege, als beim Niederfluge; oder mit anderen Worten: es muss zur Erreichung einer symmetrischen Flugwelle das Segel beim Auffluge weit mehr von der Horizontalen abweichen, als beim Niederfluge. (Wellner's Gleichung ist für diesen Fall nicht verwendbar.)

Aus dieser Entwicklung ist zugleich zu ersehen, dass sich durch die Segelstellung in sehr ausgiebiger Weise auf die Gestalt der Flugwelle einwirken lasse, was ich mit Rücksicht auf die Bemerkung VI, 4 hier noch beifüge.

VIII. Beispiele von Zickzackfahrten projectirter Luftfahrzeuge.

Wollte man das Horizontalsegel bei einem Ballon mit Auftrieb, wie ihn die Skizze Fig. 6 darstellt, in Anwendung bringen, so müsste man, um den Bestandtheilen, welche Ballon und Gondel verbinden, gehörig Raum zu lassen, auf die Vollscheibe verzichten und ihm die Gestalt eines ebenen Ringes geben, wie dies die punktirte Linie gh in Fig. 6 andeutet. Wenn nun dieser um seinen Mittelpunkt i drehbare Segelring entsprechend bewegt würde, so könnte man durch Vermittlung des Auftriebes nicht nur im Zickzack oder nach einer Wellenlinie auf- und niederfahren, sondern auch alle beliebigen horizontalen Wendungen herbeiführen. Man hätte jetzt einen gleichsam umgekehrten Segelflug vor sich, weil nunmehr die aus verdichteter Luft bestehende Gleitbahn sich oberhalb des Segels befände. Man könnte mithin mit Hilfe des Auftriebes bedeutende horizontale Erstreckungen zurücklegen und selbst den Gegenwind in ähnlicher Weise wie beim echten Segelflug ausnützen. Allein an einen Verkehr im Grossen ist dennoch auf diesem Wege nicht zu denken, weil der Ballon oder ein zusammengekuppeltes System von solchen für grössere Nutzlasten so riesige Dimensionen annehmen würde, dass man sich von vornherein vor einer solchen Ausführung zurückgeschreckt finden muss.

Es können uns diese Riesenabmessungen auch in kein Erstaunen setzen; denn im Grunde genommen muss der Ballon mit Auftrieb eine doppelte Schwebearbeit verrichten; er muss nicht nur während des wellenförmigen Fluges alle seine Bestandtheile, welche schwerer sind als die äussere Luft, ungefähr gleich hoch über dem Erdboden erhalten, sondern er muss auch auf Bildung der oberhalb des Segels befindlichen Luftgleitbahn ungefähr ebensoviele Arbeit verwenden, während beim echten Segelfluge sich diese Gleitbahn unterhalb der Segelfläche bildet und daher die Wirkung der Schwere und der Gegendruck der verdichteten Luft sich gegenseitig aufheben.

Das von Ingenieur Lippert in Wien vorgeschlagene Luftschiff, von ihm »Parachûte-Mongolfière« genannt, besteht aus einem cigarrenförmigen Ballon mit zwei seitlichen, nach abwärts

gebogenen grossen Flügelflächen, welche gleichzeitig Fallschirme und Segel bilden. Dieser Ballon würde, mit warmer Luft gefüllt, schräge aufsteigen und oben ausgeblasen und mit kalter Luft gefüllt, wieder schief abwärts sinken, also ebenfalls eine Zickzacklinie beschreiben und durch ihre Vermittlung grössere horizontale Entfernungen zurücklegen.

Prof. Wellner (m. s. Zeitschr. des deutschen Vereines zur Förder. der Luftschiffahrt, VI. J., 1883) benützt zur Aufbringung der bewegenden Kraft dasselbe Princip; nur will er die warme Luft nicht ausblasen, sondern den Balloninhalt abwechselnd mit dessen Erwärmung allmälig auskühlen lassen.

Seinen Ballons gibt er entweder eine ellipsoidische Gestalt mit rückwärts angebrachter horizontaler Segelfläche, oder er lässt letztere hinweg und formt sie nach Gestalt eines gestreckten Tetraëders mit gegen die Mitte abgerundeten Kanten. Als Vordertheil wählt er die aufrechte, als Hintertheil die horizontale Kante, so dass oben und unten zwei schräge Ebenen abwechselnd für das schiefe Auf- und Abwärtssteigen thätig sind.

Sowohl beim Lippert'schen wie bei den Wellner'schen Ballons entsteht beim schrägen Aufsteigen die verdichtete Luftbahn oberhalb, beim schrägen Niederflug aber unterhalb der Segelfläche. Da aber beim Aufsteigen auch noch die Schwebearbeit verrichtet werden muss, so wird hier die doppelte, beim Niederflug jedoch gar keine, im grossen Durchschnitt für die ganze Fluglinie also die einfache Schwebearbeit geleistet. Dieser Bedarf an Arbeit drückt sich auch in dem Verbrauche von Wärme aus, deren innewohnende Energie das Wellner'sche Project möglichst auszunützen strebt, während beim Lippert'schen nur ein geringerer Theil derselben zur Benützung käme.

IX. A. Platte's Project eines segelnden Luftschiffes.

Die bisher besprochenen Einrichtungen würden bei ihrer Anwendung zwar die Form des Segelfluges nachahmen, ohne aber dem Wesen desselben zu entsprechen. Beides aber, Wesen und Form des Segelfluges, verwirklicht A. Platte's ausgezeichnetes Project.

Dasselbe hat in seiner Zusammenstellung äusserlich einige Aehnlichkeit mit der Skizze Fig. 6; nur besitzt der Luftballon Cigarrenform, die Gondel ist langgestreckt, gegen den Ballon gut abgesteift, diesem nähergestellt und zwischen beiden findet sich ein Wellner'sches Segel eingeschaltet; jedoch finden zwei schwerwiegende Unterschiede statt: die ganze Zusammenstellung ist schwerer als die verdrängte Luft und die Luftflügel lagern unter dem Schwerpunkte der Gondel und wirken an verticaler Welle (m. s. die hieher gehörige Skizze in der »Oesterr. militär. Zeitschrift«, Mai- und Juniheft 1889).

Schon Nadar zwar gab das Schlagwort »plus lourd que l'air« aus und ein Bericht Bobinet's vom Jahre 1863 an die Pariser Akademie führte näher aus, dass, wer die Luft gleich dem Wasser als Tragmittel benützen wolle, auf dieselbe drücken müsse. Auch Prof. Pettrigrew in Edinburg stellte in einer Schrift den Grundsatz auf, dass nur Apparate, welche schwerer als die Luft sind, zu dem, was man Flug nenne, gebracht werden können.

Allein das geht immer so im Leben! Die Menschheit lebt und denkt ja gemeinschaftlich! Wenn sich etwas neu gestalten soll, so schwirren immer die Ideen gleich den ersten Schwalben im Frühling voraus, bis endlich Einer kommt, der ihnen genauere Form und das eigentliche Leben gibt.

Jedoch nicht etwa der Umstand allein, dass Platte sein Luftschiff schwerer macht, als die verdrängte Luft, charakterisirt dasselbe; er hat in seinem Projecte zuerst alle fortschrittlichen Ideen zu einem Ganzen vereint, das sich bei gehöriger Belastung ausgezeichnet zur Durchführung des echten Segelfluges eignet, und darin besteht das eigentliche und grosse Verdienst Platte's!

So erfüllt er durch Einführung grösserer Schwere die Hauptbedingung dieser Flugart; er macht durch Beifügung des Horizontalsegels seinen Apparat lenkbar und wählt zugleich die beste Anordnung der Luftflügel.

Bezüglich des zuletzt erwähnten Umstandes erinnere ich an die unter VII berührten Nachtheile einer Luftschraube mit horizontaler Welle. Nicht nur, dass ihre Anwendung mit einem Kraftverluste verbunden ist, sondern man vermag sich mit ihr allein, auch bei Kraftüberschuss, niemals in eine höhere Luft-

schichte zu erheben, weil eine horizontal gerichtete Kraft keine Componente in lothrechter Richtung liefert. Die Stellung der Platte'schen Luftflügel ahmt nicht nur den Segelvogel nach, welcher ebenfalls bei Mangel an Gegenwind durch lothrecht geführte Flügelschläge die durch den Stirnwiderstand verlorene Höhe hereinzubringen strebt, sondern sie entspricht auch nach IV, 6 den Anforderungen der Theorie; sie ist ferner mit keinem theoretischen Arbeitsverluste verbunden und sie schafft endlich die Möglichkeit, bei Kraftüberschuss sich allmälig in höhere Luftschichten zu erheben*).

Platte hat sich in Mittheilung seines Projectes auf eine leichte Skizze beschränkt, wahrscheinlich in der doppelten Absicht, Flugtechnikern und Mechanikern betreffs der Ausführung der Einzelnheiten den entsprechenden Spielraum zu lassen, und weil es ihm vorerst nur um die Durchfechtung seines mannigfach bekämpften Projectes zu thun war. So habe auch ich mir hier erlaubt, mein Urtheil nur in principieller Beziehung auszusprechen und knüpfe es überdies an die ausdrückliche Bedingung, dass eine im Verhältniss zur Stirnfläche hinreichend grosse Ueberwucht vorhanden sei und dass die Stärke der Maschine den zu überwindenden grössten Stirnwiderstand nur um Weniges übertreffe. Eine viel stärkere und vornehmlich auf Ueberwindung von Schwebearbeit berechnete Maschine und eine zu geringe Ueberwucht würden nicht nur dem zu Grunde gelegten Segelfluge widersprechen, sondern auch das Platte'sche Project hinfällig machen.

Platte's Luftschiff ist also bei grösserer Ueberwucht nicht geeignet, sich unmittelbar von dem Erdboden weg in die Lüfte zu erheben; denn hiezu wäre nach VI, 10, selbst bei mässiger Nutzlast, eine ungemein starke Maschine nothwendig. Es müssen hiefür eben andere Einrichtungen getroffen werden, deren später Erwähnung geschehen soll.

*) Diese allmälige Erhebung geschieht nicht etwa durch Schwebe-, sondern durch Hebungsarbeit, ähnlich wie bei einem Menschen, der eine Treppe emporsteigt; denn auch hier liegt eine aus verdichteter Luft bereits fertig gebildete Bahn vor. Eine Schwebearbeit muss nur dort verrichtet werden, wo, wie beim Horizontalfluge des Vogels, von dem Flieger die Luft, da diese von der Unterfläche seiner Flügel beständig entweicht, auch beständig wieder neu verdichtet werden muss, um sich in der Höhe zu erhalten.

Kein Menschenwerk ist ohne Mängel, und so besitzt auch Platte's Anordnung, trotzdem dieselbe von ihm nur skizzenhaft angedeutet wurde, bei grösserer Belastung manche Unzukömmlichkeiten, über welche ich mich nun ebenso offen wie über die Vorzüge derselben aussprechen will.

Meine Bemänglungen beziehen sich theils auf den Ballon, theils auf das Wellner-Segel, und ich werde dieselben, wo es erforderlich, durch kleine Rechnungen unterstützen.

Der künstliche Segelflug hat den grossen Vorzug, dass man durch richtige Wahl der ersten Abflughöhe eine beliebige Fluggeschwindigkeit einleiten kann. Mit einer Geschwindigkeit von 6 *m* pro Secunde die Luft zu durchschneiden, wie Rénard und Krebs, hiesse in der Luft herumkriechen und nicht fliegen; man muss also Geschwindigkeiten von 20—30 *m* anstreben. Hiefür ist aber Platte's Ballon kaum geeignet; er würde dies nur aushalten können, wenn er, insbesondere vorne, ungewöhnlich stark verstrebt wäre, und dies würde ihm wieder einen nicht unansehnlichen Theil seiner Tragkraft benehmen.

Das Wellner'sche Segel soll, weniger um den Schönsegelflug unmittelbar durch dasselbe zu bewerkstelligen, als aus Sicherheitsrücksichten, eine Grösse besitzen, dass auf 5·6 *kg* Uebergewicht des Schiffes 1 m^2 Segelfläche entfällt (m. s. unterhalb IV, 6 und in VI, 3). Für einen einigermassen grösseren Verkehr hätte man etwa 50 Personen auf eine Fahrt zu rechnen, welche — Männer und Frauen sammt Handgepäck im Durchschnitt zu 85 *kg* angenommen — 4250 *kg* wiegen würden. Angenommen nun, dass die ganze todte Last durch den Auftrieb des Ballons ausbalancirt wäre, so würde das Segel, welches ich mir als einen ebenen Ring vorstelle, eine Fläche von $4250 : 5{\cdot}6 = 759\ m^2$ besitzen müssen. Die 50 Personen nehmen zusammen eine Gondelfläche von etwa 50 m^2 ein, wozu ich noch 50 m^2 für Maschine, Gänge und Gepäcksraum rechne. Bei einem Verhältniss der Länge zur Breite wie 4 : 1, wie sie in Platte's Project ungefähr angenommen ist, würde die Gondel etwa 25 *m* Länge, daher der Segelring, des noch hinzuzufügenden lichten Spielraumes halber, 28 *m* inneren Durchmesser besitzen. Berechnet man nun nach der bekannten Formel den grössten äusseren Durchmesser des Segelringes, so ergibt sich derselbe

mit 68 *m*, wobei wieder das Verhältniss 1 : 4 zwischen den Axen der Ellipse beibehalten wurde.

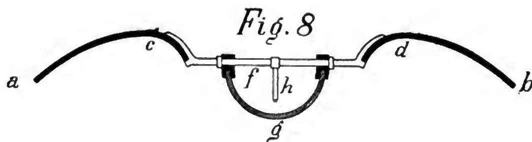
Es ist klar, dass ein solcher Riesenring von 20 *m* grösster Breite, wenn auch um seinen Schwerpunkt drehbar, nicht aus freier Hand gestellt werden kann, sondern durch die Maschine bewegt werden muss. Diese wird die rhythmischen Bewegungen, wie sie der Segelflug erfordert, bestimmt am sichersten besorgen können; aber wohl kaum denkbar ist es, dass man ihr gleichzeitig auch die Wendungen im horizontalen Sinne übertragen könne, da diese bei Windstille von augenblicklichen Entschliessungen, bei Wind aber von der Richtung desselben und der Art des Lavirens abhängen.

So geistreich sich daher auch das Wellner'sche Segel auf dem Papiere ausnehmen mag, in Wirklichkeit ist dasselbe für grössere Belastungen nicht verwendbar, sondern es muss das Segeln und Steuern von einander getrennt und ersteres durch die Maschine, letzteres durch die Hand mittels eines eigenen Steuers besorgt werden, dessen Bewegung aber nur eine sehr geringe Kraft erfordert, wenn man die Einrichtung trifft, dass die Steueraxe durch den Schwerpunkt der Steuerfläche reicht. Da sich nun die Segelebene, welche während des Fluges lediglich nur mit der Maschine verbunden ist, in einer Verticalebene auf und nieder zu bewegen hat, so hätte sie nunmehr eine durch ihren Schwerpunkt gehende horizontale Axe zu bekommen, was zugleich ein viel zuverlässigerer Mechanismus ist, als jede andere Einrichtung, durch welche eine so grosse Fläche um ihren Mittelpunkt bewegt werden könnte.

Ich bin aber mit der Kritik des Horizontalsegels noch nicht fertig. Eine ebene Fläche, welche im Aufsteigen oder Niedersinken begriffen ist, macht stets grössere oder geringere Querschwankungen, wie man sie an einem zur Erde sinkenden Papierdrachen am besten wahrnehmen kann, und welche der Vogel durch die nach ab- oder aufwärts gerichtete V-förmige Haltung seiner Flügel vermeidet. Zur Wahrung der Stabilität wären also die beiden Hälften des Horizontalsegels derart zu brechen, dass sie ein nach abwärts sehendes, sehr offenes V bilden würden; da aber hiebei die verdichtete Luft eine stärkere Neigung gewänne, nach innen zu entweichen, so

wären die beiden Hälften noch besser nach dem Querschnitte Fig. 8 zu formen, in welchem die äusseren Theile des Segelumfanges a und b zur gegenseitigen Behebung der die Querschwankungen bewirkenden Seitenkräfte tiefer niederreichen, während die inneren Theile c und d sich wieder zurückbiegen und derart eine Höhlung bilden würden, welche dem Entweichen der verdichteten Luft nach innen ein Hinderniss entgegenstellt. Diese Einrichtung würde also dem Segel die Vortheile der Concavität der Vogelflügel sichern, deren unter VI, 7 Erwähnung geschah. Es versteht sich hiebei von selbst, dass die Axe f, welche von der Maschine in der Gondel g mittels des Hebels h bewegt wird, wieder durch den Schwerpunkt des Segels zu gehen hätte.

Derart hätten wir nun allerdings ein Luftschiff, welches die Vortheile des Segelfluges ausbeuten würde und dabei in



der Lage wäre, eine grössere Anzahl von Menschen durch die Luft zu bringen; allein ich vermeinte, diese Zusammenstellung noch wesentlich dadurch zu verbessern, dass ich über den nunmehr ellipsoidisch zu gestaltenden Ballon und der darunter befindlichen Gondel einen Fallschirm stülpte, welcher, schmal und lang geformt, die Gestalt eines halben Pflaumenkernes besessen hätte, den ein scharfer Schnitt nach dem grössten und kleinsten Durchmesser in zwei Hälften getrennt hat. Die Drehungsaxe des Schirmes dachte ich mir durch den Schwerpunkt desselben gehend und von der Maschine aus bewegt, sowie zur Bewerkstelligung der willkürlichen horizontalen Wendungen unterhalb der Gondel ein leichtes, aber grosses und aus der Hand zu bewegendes Steuerruder beigegeben.

Es ist allerdings nicht in Abrede zu stellen, dass hier die untere Fläche des Fallschirmes die Stelle eines Horizontalsegels vertreten, dabei auch bedeutend kleiner ausfallen würde, als

das Wellner-Segel im früheren Falle, dass ferner der Ballon gar keinen Luftwiderstand zu überwinden hätte, mithin sehr leicht gebaut sein könnte, dass er weiter — was ebenfalls sehr wünschenswerth — den Witterungsverhältnissen bleibend entzogen wäre und dass auch die Mitreisenden ein schützendes Dach über sich hätten, anderer kleinerer Vortheile nicht zu gedenken, welche sich namentlich beim Landen des Luftschiffes kundgeben würden. Allein die Berechnung für einen concreten Fall überzeugte mich, dass ungeachtet des Umstandes, dass der schmal und nach oben kantig geformte Fallschirm gewiss eine zur Durchschneidung der Luft vortheilhafte Gestalt besessen hätte, doch das Project wirthschaftlich nicht zu empfehlen sei, weil der beträchtlich grössere Luftwiderstand eine namhaft grössere Maschine erfordert, mit dieser auch fast alle übrigen Theile grössere Abmessungen angenommen hätten und derart in ein ungünstiges Verhältniss zur Nutzlast getreten wären.

X. Entwurf eines Luftschiffes ohne Ballon und mit segelndem Flugdache.

Wir sehen uns jetzt unwillkürlich vor die Frage gestellt, warum wir denn trotz verflossener Jahrtausende und trotz der fortwährenden und in den letzten Jahrzehnten wahrhaft geflügelten Fortschritte der Technik noch immer nicht den Flug des Vogels nachzuahmen vermögen, während doch seit jenem Zeitpunkte, wo ein Höhlenbewohner Europas zuerst einen Baumstamm zu einem Kahn aushöhlte, dieser Welttheil eine staunenswerthe Reihe von Fortschritten in der Schiffbaukunde zu verzeichnen hat?

Die Antwort hierauf dünkt mich sehr einfach. Im Schiffbau ahmten wir den Fisch nach, sowohl was seine Form als seine Schwimmblase betrifft; denn in letzter Auflösung sind alle unsere Schiffe, sowohl die submarinen als die auf dem Wasserspiegel fahrenden, nichts Anderes als mehr oder weniger beschwerte Luftblasen von fischähnlicher Gestalt. Bei Durchschiffung der Luft aber gingen wir unsere eigenen Wege und wählten hiezu eine belastete Gasblase, ungeachtet kein Vogel

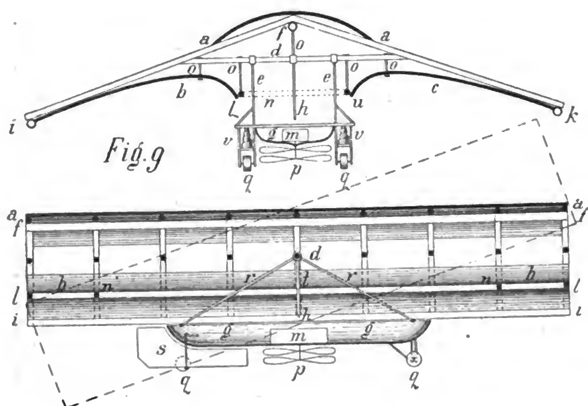
eine solche besitzt und sie ihm die Natur sicher nicht versagt hätte, wenn sie für das Fliegen von wesentlichem Nutzen wäre.

Diese Schlussfolgerung, angewendet auf den vorliegenden Gegenstand, zeigt uns überhaupt die Anwendung des Gasballons für den künstlichen Segelflug als eine Abweichung von den natürlichen Vorbildern, und diese Sünde rächt sich in den hiefür erhaltenen Constructionsverhältnissen und Rechnungsergebnissen, insbesondere aber durch die Entstehung eines sehr grossen Stirnwiderstandes, welcher seinerseits wieder, um den Segelflug möglich zu machen, eine bedeutende Ueberwucht erfordert. Lassen wir aber den Ballon gänzlich hinweg, so befreien wir uns nicht nur von einem sehr häckelig zu behandelnden und lästigen Bestandtheile, sondern wir vermindern auch den Stirnwiderstand in ausserordentlichem Grade, wir ersparen ferner an Herstellungs- und Erhaltungskosten und die ganze Zusammenstellung gewinnt eine derartige Einfachheit, dass mit Ausnahme der Ruder- und Segelboote ein einfacheres Beförderungsmittel kaum mehr denkbar ist.

Ehevor ich aber zur Beschreibung meines diesfälligen Projectes schreite, fühle ich mich zur Mittheilung verpflichtet, dass der Gedanke, Drachenflieger ohne Ballon zu bauen, keineswegs neu ist. Mittheilungen über solche finden sich beispielsweise in Freih. v. Wechmar's Schrift: »Der aviatische oder dynamische Flug«, Wien 1888, und in Ingenieur Lippert's Schriftchen »Natürliche Flugsysteme«, Wien 1885. Allein ich glaube, der Leser derselben wird mir Recht geben, wenn ich die Meinung ausspreche, dass diese Vorschläge kaum Hoffnung haben, in der Praxis durchzudringen, weil die Projecte theils mit Bestandtheilen überladen, theils nur auf den Einzelnflug ohne Benützung des Segelfluges berechnet sind.

Es wäre ein Leichtes, einen Flugapparat selbst ohne Ballon ziemlich compendiös zu entwerfen, wenn es anginge, das Horizontalsegel derart zu theilen, dass sich dessen Theile überstatt nebeneinander befinden und derart einander übergreifen und sich decken würden. Allein in diesem Falle würde das Segel um so unwirksamer werden, je mehr die Flugrichtung sich der Senkrechten zur Segelebene nähert.

Schon bei Platte's Zusammenstellung fällt das Horizontalsegel sehr gross aus und es ist klar, dass auch in Fig. 8 noch Bestandtheile hinzu zu denken sind, welche den Bruch desselben verhindern. Bei Hinweglassung des Ballons fällt die wirksame Fläche des Horizontalsegels noch entsprechend grösser aus und muss daher sehr ausgiebig, namentlich gegen die Mittelebene hin, mit Bestandtheilen ausgerüstet sein, welche die Haltbarkeit verbürgen.



In der hieher gehörigen Fig. 9 ist behufs Unterbringung der letzteren das Horizontalsegel in drei Theile getheilt: ein Obersegel aa und zwei tiefer gelegene Flügelsegel b und c.

Für das stützende Gerippe wählte ich ein System, welches einem Dachgespärre sehr ähnlich ist. Die schrägen Sparren sind durch Kehlstücke verbunden, von denen das mittlere d aus starkem Stahl besteht und an welches mittels der Trageeisen e die als Kielschiff gebaute Gondel g drehbar aufgehängt ist. Da d durch den Schwerpunkt des Horizontalsegels oder Flugdaches geht, so erfordert die Bewegung desselben, welche mittels des Hebels h von der Maschine m aus besorgt wird, nur die Ueberwindung der Zapfenreibung, also

nur einen geringen Kraftaufwand. Die Gondel empfindet daher kaum eine Rückwirkung hievon und bleibt somit horizontal.

Den Längenverband des Segelgespärres erhalten drei Stahlröhren: eine bei f an der First und deren zwei ganz aussen bei i und k und weiters die Strecklinge bei l und u, für welche starke Bambusstäbe ausreichen dürften. Letztere werden noch, wo sich diese anbringen lassen, durch Absperren n gehalten.

An den Stellen o und überhaupt, wo dies nothwendig erscheint, sind noch Hängeisen aus bestem Materiale angebracht.

Die Maschine m (Dampf- oder Petrol-Maschine) bewegt ausser dem Horizontalsegel noch die Luftflügel bei p, welche wegen des grösseren Nutzeffectes als de Bay'sche Doppelflügel angenommen wurden. Vielleicht sollten aber, wegen ruhigerer Haltung der Gondel nach der Quere, zwei solche Doppelflügel nebeneinander angewendet werden

Der Buchstabe s bedeutet ein um seine Schwerpunktslinie, daher leicht drehbares Steuer und q vier feste und niedere Räder, welche zur Milderung des verticalen Stosses beim Landen oberhalb ihrer Achsenlager bei v mit starken Puffern auszurüsten kämen.

Man wird bemerkt haben, dass die Axe d ziemlich hoch ober dem Gondelrande beantragt sei, und zwar geschah dies aus dreierlei Gründen: erstlich, um dem Horizontalsegel den nöthigen Spielraum für Einstellung in grössere Neigewinkel zu gewähren; zweitens, um den Oscillationswinkel der Gondel zu verringern, wenn sich etwa mehrere Personen innerhalb derselben während der Fahrt hin und her bewegen, und drittens, um längere, eiserne Streben r anbringen zu können, welche nicht nur die senkrechten Lagerstützen t festhalten, sondern auch jene Eisenbänder zu tragen haben, welche die Gondel in Nähe des vorderen und hinteren Endes umfassen.

Es wird auch die Vorkehrung getroffen werden müssen, beim Abstossen des Luftschiffes und vor dem Landen desselben die Bewegung des Horizontalsegels von der Maschine schnell auf eine Handwinde übertragen zu können, weil in beiden Fällen andere Einstellungen desselben nothwendig sind, als während des Durchfliegens der wellenförmigen Bahn.

Ich erinnere jetzt an den Umstand, dass die Segler aus bereits erwähnten Gründen ihre Fittige erst am tiefsten Punkte der Welle und im aufsteigenden Bogen derselben rühren; und wahrscheinlich müssten ebenso die Luftflügel zur Erzielung eines grösseren Effectes blos innerhalb desselben Theiles der Wellenlinie, also absätzig sich bewegen. Ich besorge nämlich, dass ein fortwährender Gang der Luftflügel blos die Wirkung haben könnte, als sei das Luftschiff um den Werth jenes Druckes, welchen die Luftflügel nach abwärts ausüben, leichter geworden, und dann könnte von einer Ueberwindung des Stirnwiderstandes durch die Maschine wohl nicht die Rede sein. Es ist indessen auch möglich, dass diese Befürchtung nicht zutreffe und sich der Stirnwiderstand durch unausgesetzten Gang der Luftflügel überwinden lasse. Es müsste dies eben praktisch erprobt, jedenfalls aber die Maschine so eingerichtet werden, dass sich die Luftflügel nach Belieben in Ruhe oder Bewegung setzen lassen.

Noch eine andere Art des Ganges der Luftflügel wäre in Ueberlegung zu ziehen. Man denke sich im Gondelboden eine runde Oeffnung oberhalb der Luftflügel und mit gleichem Durchmesser wie diese, ausgeschnitten, die Flügel aber umgekehrt gehend, so dass sie nun die Luft nach aufwärts statt nach abwärts drücken würden! Letztere würde zum Flugdache aufsteigen und die Dichte der Luft unterhalb desselben vermehren; gleichzeitig aber würde das System um den von den Flügeln ausgeübten Druck schwerer werden. Beide Wirkungen würden sich beim Niederflug summiren und den horizontalen Antrieb entsprechend vermehren. Beim Auffluge würden sich dieselben aber von einander subtrahiren und es wäre daher wahrscheinlich besser, während desselben den Gang der Maschine einzustellen. Wollte man aber auch während des Auffliegens vom Gange der Maschine Nutzen ziehen, so müsste man die Luftflügel wieder nach unten drücken lassen und gleichzeitig für Verschluss der offenen Verbindung mit dem Schiffsraume sorgen. Das sollte eben Alles erprobt werden!

Ich will jetzt zur Berechnung des eben beschriebenen Luftschiffes übergehen, vorerst aber noch der Gewichtsverhältnisse des Ballons »La France« gedenken, um an denselben Fühlung nehmen zu können.

Es betrug das Gewicht

des Ballons . .	30%	des Gesammtgewichtes,		also	535·8 *kg*,
der Gondel . .	25%	»	»	»	446·5 »
der Maschine .	37%	»	»	»	660·8 »
der übrig. Theile	8%	»	»	»	142·9 »
	100%				1786·0 *kg*.

Behufs Berechnung des Luftwiderstandes nehmen wir wieder wie oben an, unsere Gondel soll 50 Personen sammt Handgepäck fassen und bei 100 m^2 Horizontalprojection 12 m^2 Querschnitt besitzen. Nimmt man den Reductionscoëfficienten, da die Gondel an beiden Enden allmälig in eine Kante zuläuft, mit $\frac{1}{4}$ an, so ergibt sich der Normaldruck des Luftwiderstandes, welchen die Luftflügel zu überwinden haben, nach Gleichung (1) mit:

$N = \frac{1}{4} \times \frac{1\cdot1}{9\cdot81} \times 12 \times 10^2$ oder durch v noch multiplicirt, die Arbeit nahezu $= 4\frac{1}{2}$ HP. , worin 10 *m* die Geschwindigkeit p . s. bedeutet.

Der durch das Horizontalsegel bewirkte Luftwiderstand, welcher sich als Verdichtung der Luft unterhalb und als gleichzeitige Verdünnung oberhalb desselben äussert, ist nicht in Rechnung zu bringen, weil dieser Widerstand kein solcher im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern — wie schon unter IV. und V. in erschöpfender Weise dargethan wurde — ein den Flug fördernder Widerstand ist.

Allerdings entsteht auch am Horizontalsegel ein kleiner Stirnwiderstand; dieser ist aber wegen der unbedeutenden Dicke desselben und jener der einander deckenden Gespärre so gering, dass wohl die Zugabe von 1 HP. eff. mehr als ausreichend erscheint, denselben zu bewältigen, zumal als schon der Hauptwiderstand reichlich in Ansatz gebracht wurde.

Der gewählte Propeller soll 70% Nutzeffect ergeben, weil er die Wirkung der Centrifugalkraft aufhebt und den Streukegel der Luft beseitigt; wir nehmen die Arbeit also, an der Motorwelle gemessen, mit 8 Pferden an, was ausreichen dürfte.

Die elektrodynamische 9pferdige Maschine der »La France« wog 73 *kg* pro Pferd und besass sehr schwere Elemente. Sie

kann uns also, da wir eine andere Art von Maschine wählten, nicht zum Anhaltspunkte dienen.

Am geringsten scheint sich das Maschinengewicht bei den Torpedoschiffen zu gestalten, und man ist mit demselben selbst unter 40 *kg* herabgekommen; ja, neuestens soll der deutschen Marine ein solches Boot einverleibt worden sein, dessen Maschine nur 25 *kg* pro Pferd wiegen soll*). Wenn ich also sammt Luftflügeln, Kühlwasser und einigem Brennstoffvorrathe von grosser Heizkraft etwa 50 *kg* pro Pferd rechne, so dürfte ich ziemlich richtig gegriffen haben. Bedenkt man endlich, dass für das Aluminium, dessen I. Sorte bereits mit 34 Francs pro Kilo bezahlt wird und dessen Preis stetig sinken dürfte, die Zeit zur Verwendung im Grossen nicht mehr ferne ist, so dürfte sich in der Zukunft diese Ziffer noch weit günstiger gestalten.

Die Gondel der »La France« war 33 *m* lang, $1^1/_2$ *m* breit, 2 *m* hoch und wog 446 *kg*. Unsere Gondel hat aber eine doppelt so grosse Horizontalprojection, wir können sie daher etwa mit 1000 *kg* annehmen.

Unter den sonstigen Bestandtheilen der todten Last sind, bei vorläufigem Ausschluss des Horizontalsegels selbst, dessen Gespärre sammt Zubehör, ferner das leichte, grossentheils nur aus Leinwand bestehende Steuer, endlich die Axe des Horizontalsegels sammt zugehörigen Lagern und Stützen hervorzuheben. Es dürfte hinreichen, wenn ich hiefür 500 *kg* annehme.

Die Nutzlast besteht aus 50 Menschen, sammt Handgepäck à 85 *kg*.

Hieraus ergibt sich nachstehende Zusammenstellung der Gewichte:

Die 8pf. Maschine sammt Flügeln, Brennstoff und Kühlwasser	400 *kg*
die Gondel	1000 »
Dachgespärre, Axe und Stützen des Segels, dann Steuer	500 »
todte Last ohne Horizontalsegel	1900 *kg*
hiezu die Nutzlast = 50 × 85 = ...	4250 »
Gesammtlast ohne Horizontalsegel	6150 *kg*

*) Einige Beispiele leicht gebauter Motoren gibt Lippert in seiner früher erwähnten Schrift, S. 16 und C. Busley's „Schiffsmaschine“, Kiel 1886. II. S. 361.

Das Horizontalsegel denke ich mir, da es durch ein starkes Gespärre hinlänglich gestützt erscheint, aus schwächeren Bambusstäben hergestellt und mit wasserdichter Leinwand bespannt. Es dünkt mich eine reichliche Annahme, wenn ich unter dieser Voraussetzung 2 *kg* pro 1 m^2 rechne. Hieraus ergibt sich dann für die Grundfläche x des Horizontalsegels und unter Voraussetzung eines Gewichtsverhältnisses wie beim Adler die Gleichung:

$$6150 + 2x = 5{\cdot}6\,x,$$

und hiernach:

$$x = 1709\ m^2.$$

Ein Horizontalsegel, welches etwa 42 *m* Länge und ebensoviel Gesammtspannweite besässe, würde also für den angestrebten Segelflug ausreichen.

Da das Segel 2 × 1709 = 3418 *kg* wiegt, so beträgt jetzt die ganze todte Last 1900 + 3418 = 5318 *kg*, während die Nutzlast sich mit 4250 *kg* bemisst, gewiss ein sehr annehmbares Verhältniss, wenn man die todten Lasten beim Eisenbahn- und Dampfschiffverkehr mit in Vergleich zieht und wenn man bedenkt, dass bei Ballons mit Auftrieb die todte Last das 5- bis 10fache der Nutzlast wiegt.

Allerdings zeigt das Horizontalsegel für 50 Mitreisende eine bedeutende Grösse; aber dafür bietet es in der Construction keine besonderen Schwierigkeiten. Wollte man also das Horizontalsegel kleiner machen, so müsste man mit der Zahl der zu befördernden Personen proportionell herabgehen; denn das beschriebene Luftschiff besitzt, wie man sich leicht durch den Gang der Rechnung überzeugt, die sehr wünschenswerthe Eigenschaft, dass die todte und die Nutzlast ein ziemlich gleichbleibendes Verhältniss zu einander einhalten.

Demnach würde ein Luftschiff beschriebener Art für 25 Personen eine Segelebene von ungefähr 29 *m* Länge und Spannweite, ein solches für 10 Personen aber nur mehr ein Flugdach von $18\frac{1}{2}$ *m* Länge und Spannweite erfordern.

Die Anschaffungskosten würden durch eine solche Vermehrung des Schiffsparkes nicht einmal stark beeinflusst werden, weil für einen bestimmten Verkehr die Kosten eines einzelnen Luftschiffes annähernd in jenem Verhältnisse sinken, als die Anzahl derselben zunimmt. Dagegen würden allerdings mit der

Verminderung des Fassungsraumes der Schiffe wegen Vermehrung der Bedienungsmannschaft die Regieauslagen wachsen und die Fahrkosten dadurch etwas vertheuert werden.

Voraussichtlich dürften 25 Personen auf ein Schiff der Praxis am besten entsprechen.

Besässe man, ähnlich den Vacuumbremsen der Eisenbahnen, ein anderes Hemmungsmittel für den Niedergang eines Luftschiffes, als eben die Luft selber, so könnte man mit den Abmessungen des Flugdaches noch beträchtlich unter die eben berechneten Ziffern herabgehen; denn den Segelflug selbst könnte eine solche Verringerung der Segelfläche (selbstverständlich bis zu einer Grenze herab, welche nicht allzu tief unter dem angenommenen Flügelverhältniss läge) nicht beeinträchtigen. So lange aber ein solches Hemmungsmittel nicht erfunden, und weil die Schiffsmaschine viel zu schwach ist, um in ausgiebiger Weise mittels der Luftflügel entgegenwirken zu können, kann man es meines Erachtens vorerst nicht wagen, die Abmessungen des Horizontalsegels (Flugdaches), welches beim Landen als Fallschirm zu wirken hat, wesentlich zu kürzen.

Anmerkung. Obwohl ich mir vorgenommen habe, den Einzelnflug nicht in das Bereich dieser Betrachtungen einzubeziehen, weil ich der Ansicht bin, dass derselbe, wie derzeitig das Radfahren, höchstens als Sport dienen werde, so kann ich es hier, wo sich eine kurze Betrachtung desselben wie von selbst einzufügen scheint, doch nicht unterlassen, mit einigen Worten desselben zu gedenken.

Die Rechnung zeigt, dass der Mensch auch nicht im entferntesten jene Kraft aufzubringen vermöge, welche nothwendig ist, um sich sammt einem Flugapparate in der Luft schwebend zu erhalten. Daraus folgt, dass auch der Einzelnflugapparat auf die Nachahmung des Segelfluges eingerichtet sein müsse, wofür dem Menschen, weil es sich lediglich um Ueberwindung des Luftwiderstandes handelt, die erforderlichen Kräfte ohne Ueberanstrengung zu Gebote stehen.

Weiters ist es nicht damit abgethan, dass man sich grosse Flügel oder Flugmäntel anschnalle, wie Freih. v. Wechmar will, weil die Aeusserlichkeiten des Vogels wohl für seine eigene Organisation, aber nicht für jene des Menschen passen.

Soll der Einzelnflug gelingen, so muss der Fliegende sich in jener Stellung befinden, welche für ihn die bequemste ist; sein Oberkörper muss daher beständig aufgerichtet sein, sein unterer Körper aber in sitzender oder liegender Stellung sich befinden.

Es müssen ferner seine Kräfte, der Lage und Ausbildung seiner Muskeln entsprechend, in Anwendung kommen; den Füssen muss also die stärkere und einförmigere, den Händen aber die leichtere, jedoch häckligere Arbeit anvertraut werden, ähnlich wie beim Fahren mit dem Zweirade, wo die Füsse das eintönige aber schwerere Kurbeltreten, die Hände dagegen die leichtere aber stets wechselnde Steuerung besorgen.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich aber die vernünftigste Einrichtung eines Einzelnflugapparates wie von selbst.

So wenig auch der Fallschirm für grössere Flugschiffe entsprochen hat, so sehr scheint er sich für eine Vorrichtung zum Einzelnflug als dessen Hauptbestandtheil zu empfehlen, weil er nunmehr ziemlich niedrig gehalten werden kann. Eine Länge von 9 *m* und eine Breite von 5 *m* wäre für denselben vollkommen ausreichend und dabei hätte der Schirm gegen oben in eine Kante, nach vorne und hinten aber in eine Spitze auszulaufen, damit er die Luft leicht durchschneide. Durch seinen Schwerpunkt hätte eine eiserne Rundstange zu gehen und an dieser würden mittels Oesen die zwei lothrechten Trageisen hängen, welche den Sitz tragen. Ausserdem würde die Rundstange des Schirmes an passender Stelle noch einen Hebel besitzen, welcher jene oscillatorischen Bewegungen zu machen hätte, die der Segelflug erfordert. Die Uebertragung der Bewegung auf diesen Hebel geschähe von einer Kurbel aus, deren Bewegungen der rechten Hand anzuvertrauen wären, während die linke zeitweise ein Steuer einzustellen hätte, welches sich im Rücken des Fliegers befindet.

So lange der segelnde Flug dauert, wären die Kurbelbewegungen regelmässig, beim Abflug und vor dem Landen hätten sich die Kurbelbewegungen entsprechend zu ändern.

Unter dem Sitze befände sich ein grösserer horizontaler Luftflügel, dessen Bewegung, ähnlich wie beim Zweirade, von den sich hin und her bewegenden Füssen besorgt würde. Unterhalb des Sitzes hätten sich vier niedere und starke Räder zu befinden, zu denen eine Bremse gehören würde. Die gleitenden Lager derselben wären oberhalb, zur Milderung des verticalen Stosses beim Landen, mit Puffern zu versehen und die Räder kämen, um dem Luftflügel Raum zu lassen, ziemlich weit auseinander zu stehen, was auch betreffs des sichereren Landens seine Vortheile hätte.

Der Abflug hätte mittels eines kleinen Krahnes von einem Thurmfenster oder einem steilen Abhange aus zu geschehen; das Landen aber wäre immerhin mit einigen Schwierigkeiten verbunden, weil auch hier wieder ein kleiner Winkel zum Erdboden einzuhalten wäre, dann aber der verbleibende horizontale Theil der lebendigen Kraft das Bestreben besässe, den Apparat stark zu schleudern, was durch die Handbremse zu verhindern wäre. Um diesen Schub noch mehr zu mässigen, würde es wahrscheinlich genügen, einige Augenblicke vor dem Landen den Schirm gegen vorne möglichst steil aufzurichten. — Dieser Flugapparat besitzt eine unverkennbare Aehnlichkeit mit dem oben beschriebenen segelnden Flugdache, was bei dem gemeinsamen Zwecke, welchem beide dienen, wohl nicht Wunder nehmen kann.

XI. Die Versuche betreffend.

Wenn eines der vorstehend beschriebenen oder ein anderes auf Wellenflug eingerichtetes Luftschiff sammt der zu dessen Stapellauf erforderlichen Vorrichtung fertig und bereit stände, so würde sich doch selbst der Beherzteste dasselbe zu besteigen weigern, weil er befürchten würde, dass ein selbst unbedeutend erscheinendes Constructionsversehen ihm, wenn auch nicht gerade das Los des Ikaros bereiten, aber doch möglicherweise einen Knochenbruch zuführen könnte.

Es sollte daher nach sorgfältiger Ueberlegung und Berechnung etwa von dem zuletzt beschriebenen segelnden Flugdache ein gut functionirendes Modell angefertigt werden, um an diesem jene Studien machen zu können, welche vorwiegend praktischer Natur sind.

Dieses Modell wäre dann, nachdem die Maschine in Gang gesetzt wurde, und im Augenblicke, wo das Horizontalsegel am tiefsten gegen vorne geneigt erscheint, etwa mittels einer Gleitbahn von einem hohen Standpunkte in die freie Luft abzulassen, während des Fluges zu beobachten und auf Grundlage dieser Wahrnehmungen insolange Abänderungen an dem Modelle zu treffen, bis sein Flug als ein tadelloser erschiene.

Für solche Standpunkte würden sich vornehmlich jene thurmartigen Aussichtswarten eignen, welche jetzt häufig von Gesellschaften der Naturfreunde und Touristen erbaut werden, und welche in ihrem obersten Theile eine Plattform oder einen Rundgang besitzen. Das Steuer hätte hinwegzubleiben und dafür wäre am Vordertheile des Modelles eine Schnur zu befestigen, durch deren sanftes Anziehen man dasselbe zu einem Rundfluge um die Thurmwarte zwingen könnte, während die Plattform oder der Rundgang gestatten würde, dem Kreisfluge stetig zu folgen.

Besässe die Maschine Ueberschuss an Kraft und dabei Luftflügel, so müsste das Modell, wenn es ziemlich richtig gebaut wäre, nach dem ersten Absturze unter Beschreibung einer wellenförmigen Bahn sich sehr langsam erheben; wäre aber kein Luftflügel vorhanden, würde also die Maschine blos die rhythmischen Bewegungen des Horizontalsegels besorgen,

so müsste sich dasselbe in einer spiralförmig sich abwickelnden Wellenlinie gegen den Erdboden senken. Mittels starken Anziehens der Schnur könnte man zuletzt ein schädliches Aufstossen des Modelles auf den Erdboden verhüten.

Erst wenn man diese Vorstudien an einem nicht zu kleinen Modelle gemacht und die wünschenswerthen Abänderungen an demselben mit Erfolg erprobt hätte, könnte man an eine Ausführung im grösseren Massstabe denken. Hiefür würde sich ein segelndes Flugdach nach Fig. 9 empfehlen, welches etwa für fünf Mitreisende berechnet wäre, wobei die Maschine und das Dach mässige Dimensionen annehmen und die Anschaffungskosten nicht unnöthigerweise hinaufgeschraubt würden.

Als Abflug- und zugleich Landungsstellen wären zwei in passender gegenseitiger Entfernung befindliche hohe Hügel oder kleine Berge zu wählen, welche auf einer Seite einen Steilabfall für den Abflug besässen, an welchen sich oben für die Landung eine nicht zu kleine Ebene anschlösse.

An beiden Absturzstellen wären grosse Krahne aufzustellen, deren Arme mit dem daran hängenden Luftschiffe in die freie Luft hinausreichen würden; und um diese Arme nicht allzu lang zu erhalten, wäre dem Flugdache eine geringere Länge und dafür eine grössere Breite zu geben, als nach dem früher angenommenen Verhältnisse. — Nachdem ferner das Probeschiff in ungefähr derselben Höhe, als es sich beim Abfluge befand, zu landen hätte, so wäre der Maschine einiger Ueberschuss an Kraft zu geben, damit dasselbe sich in langsam ansteigender Segellinie erheben könnte.

Um endlich das Schiff jederzeit durch Zugthiere auf den Krahn bringen zu können, wäre dasselbe mit möglichst leichten Rädern auszurüsten.

XII. Die Stationen und den Flugdienst betreffend.

Besässe man an dem Punkte, von welchem man abfliegen will, in ungefähr 150—180 *m* Höhe einen Fixpunkt, an welchem man ein Seil befestigen könnte, so könnte man die Maschine am Schiffe dazu benützen, um letzteres auf diese Höhe aufzuziehen; nur würde dies ziemlich viel Zeit in Anspruch nehmen.

So würde das früher beschriebene segelnde Flugdach nahezu eine Stunde hiezu gebrauchen. Eine am Erdboden stehende, viel stärkere Maschine würde allerdings das Aufziehen in entsprechend kürzerer Zeit vollbringen.

Dieser Umstand bedingt demnach mit Ausnahme eines einzigen Falles, dessen am Ende dieses Abschnittes gedacht werden soll, die Kostspieligkeit der Stationsanlagen.

Während also beim Canal- und Eisenbahnbau der weit überwiegende Theil der Herstellungskosten durch die Fahrbahn in Anspruch genommen wird, dagegen die Auslagen für Anschaffung des Fahrparkes und noch mehr die Baukosten der Stationen sehr in den Hintergrund treten, würde für Einrichtung eines regelmässigen Flugdienstes gerade das umgekehrte Verhältniss platzgreifen. Die stets bereit liegende Fahrbahn durch die Luft würde gar keine Kosten verursachen, der Fahrpark deren nur mässige, die Herstellung der Stationen dagegen würde ansehnliche Summen verschlingen, daher man, um der Flugfahrt ihren grössten Vorzug, nämlich ihre Wohlfeilheit zu bewahren, nur auf deren Anlage in grösseren gegenseitigen Entfernungen, also in unmittelbarer Nähe grösserer Städte, Bedacht nehmen könnte.

Jede Station erfordert nämlich in der Regel eine Einrichtung, mittels deren das abzulassende Flugschiff auf eine Höhe von ungefähr 150—180 *m* erhoben werden kann, von denen 20—40 *m* auf die erste Fallhöhe des Schiffes, der Rest aber auf jene Höhe kommt, welche dasselbe durchschnittlich über dem Erdboden einhalten soll, um nicht an höheren Thürmen, dann Hügelketten u. dgl. anzustreifen. Wäre dagegen die Einrichtung getroffen, dem Schiffe den nothwendigen horizontalen Antrieb in anderer Weise zu geben, als durch den freien Fall, so blieben in der Regel immer noch bei 120 *m* übrig, in welcher Höhe das Schiff abzulassen käme.

Es sind meines Erachtens vier Wege denkbar, auf welchen sich der Abflug des segelnden Luftschiffes erreichen lässt.

1. Durch den Bau eines 160 *m* hohen Doppelthurmes, welcher innerhalb seiner beiden ganz gleich gestalteten Theile den nothwendigen lothrechten Zwischenraum lässt, um mittels der zu oberst befindlichen Seilrollen das Luftschiff auf die er-

forderliche Abflughöhe aufzuziehen. Hiezu würde eine stationäre Dampfmaschine von 30—40 HP. eff. ausreichen.

Unwillkürlich denkt man hiebei an die hohen Kosten des Eiffelthurmes, der bei einer Höhe von ungefähr 300 *m* nach der Zeitschrift »Stahl und Eisen« vom Jahre 1889, S. 906, 6½ Millionen Francs oder ungefähr 3 Millionen Gulden ö. W. gekostet haben soll. Aber dieser Thurm ist nahezu nochmal so hoch, als der projectirte Zwillingsthurm, besitzt eine ungewöhnlich grosse Grundfläche und ist aus kostbarem Materiale gebaut, während der letztere nur im unteren Theile aus Quadern, im höheren aber aus Bruchsteinen und Ziegeln bestehen könnte und bei seiner Aufführung gar keines äusseren Gerüstes bedürfen würde. Ich glaube nicht zu tief zu greifen, wenn ich einen solchen Doppelthurm sammt zugehörigen Maschinen und anstossender Landungsfläche auf 1½ Millionen Gulden veranschlage. Auf der Flugroute von Wien bis Triest wäre ausser diesen Städten etwa noch Graz mit einer solchen Station zu versehen; dies ergäbe zusammen 4 Millionen und mit Zurechnung des Schiffsparkes etwa 6 Millionen Gulden. Man vergleiche diese Kosten mit jenen der Wien-Triester Eisenbahn und man wird ersehen, dass man immerhin noch zwei Stationen, etwa eine am Semmering (wo der Thurm bedeutend niedriger ausfallen würde) und eine andere in Laibach einfügen könnte, ohne dass die Kosten eine relativ niedrige Ziffer überschreiten würden.

2. Ein zweites Mittel, um auf die erforderliche Abflughöhe zu gelangen, wäre ein Gespann von Fesselballons. Dasselbe wäre, wenigstens was die Anlagekosten betrifft, wesentlich wohlfeiler, besässe aber immerhin einige Abhängigkeit vom Winde und dürfte sich vielleicht für solche Zwischenstationen eignen, an denen eine Landung wünschenswerth, aber nicht unumgänglich nothwendig ist.

Ich denke mir hier ein Dreigespann von Ballons mit Auftrieb, mit aus Wasserdampf erzeugtem Wasserstoffe gefüllt und an den Ecken eines horizontalen und dreiseitigen Rahmens befestigt, von deren jeder ein Seil zum Erdboden herabzureichen hätte. Dieses Gespann hätte das Luftschiff bis auf die erforderliche Höhe zu heben, woselbst dann letzteres sich loskuppeln und den Flug beginnen würde.

Damit diese Ballons nicht platzen, hätten sie eine genügend starke Umhüllung und sehr grosse Ventile zu besitzen, welche sich am obersten Punkte derselben befänden, so dass im Augenblicke der Loskuppelung des Luftschiffes, wo plötzlich ein starker und stossweise wirkender Auftrieb entstände, genügend Raum vorhanden wäre, um einen Theil des Gases ohne Schädigung der Ballonhülle entweichen zu lassen.

Um einen Massstab zu gewinnen, wie gross ungefähr jeder dieser drei Ballons ausfallen würde, greifen wir auf unser segelndes Flugdach zurück, dessen Gesammtgewicht wir mit $5318 + 4250 = 9568$ *kg* berechneten.

Bei der »La France« berechnet sich die Ballonhülle sammt unmittelbarem Zubehör auf ungefähr 0·73 *kg* für 1 m^2 Oberfläche. Das specifische Gewicht des Wasserstoffgases ist = 0·069, daher der absolute Auftrieb eines Kubikmeters des Balloninhaltes, d. h. der Auftrieb ohne Einrechnung der Ballonhülle, wenn wir die Dichtigkeit 1 m^3 Luft in Flughöhe mit 1·1 *kg* ansetzen, $= 1{\cdot}1\,(1 - 0{\cdot}069) = 1{\cdot}024$ *kg*; demnach gilt, wenn r den fraglichen Ballonhalbmesser bedeutet und der Rahmen, oberhalb dessen sich die drei Ballons befinden, mit 200 *kg* angenommen wird, folgender Ansatz:

$$9568 + 200 + 3 \times 0{\cdot}73 \times 4\,\pi\, r^2 = 3 \times 1{\cdot}024 \times \tfrac{4}{3}\,\pi\, r^3.$$

Hieraus kommt der Minimaldurchmesser eines Ballons mit annähernd 20 *m*, welcher in Wirklichkeit noch etwas grösser genommen werden müsste, weil die Ballons noch einige Beschleunigung nach aufwärts nothwendig hätten und das Gewicht der drei Fesselseile nicht in Rechnung gestellt wurde.

Es sei gestattet, hier eine Einschaltung zu machen, welche das Landen der Fahrzeuge betrifft.

Das Fahrzeug müsste sich hoch genug über der Landestation halten, um nicht in die missliche Lage zu gerathen, etwa schon vor Erreichung derselben zum Erdboden niederzusinken. Innerhalb der letzten Flugwelle wäre der Steuerhebel des Horizontalsegels (Flugdaches) auf die Handwinde zu übernehmen und dasselbe beim letzten Ansteigen insolange mehr und mehr aufzurichten, bis der horizontale Antrieb fast völlig erschöpft wäre. Hierauf wäre das Horizontalsegel schnell wagrecht zu stellen, worauf das Luftschiff lothrecht niederzufallen

beginnen würde. Durch Aenderung der Segellage und entsprechende Steuerstellung wäre die Schiffsbahn in eine sich immer mehr verflachende Spirale, überzuführen, so dass schliesslich das Schiff unter einem Winkel von 5—10° landen könnte. Da aber hiebei die Beschleunigung sehr schnell zunehmen würde, so wäre zeitweise das Horizontalsegel stark zu erheben, um die überschüssige lebendige Kraft zu tödten. Besonders unmittelbar vor der schrägen Landung wäre das Segel (ähnlich den Flügeln landender Vögel), so weit dies zulässig, steil aufzurichten und der verbleibende horizontale Antheil der lebendigen Kraft durch starke Bremsung der Räder (q in Fig. 9), welche unterhalb des Schiffes sich befinden, aufzuheben.

Da es dem Luftschiffer unmöglich sein dürfte, an einer bestimmten Stelle zu landen, so wäre rund um die Stelle des verticalen Aufstieges ein ebener Platz von 300—400 *m* im Durchmesser als Landungsplatz zu bestimmen. Um endlich das Luftschiff von dem Platze, wo dasselbe landete, genau an die Stelle der lothrechten Auffahrt zu bringen, dürfte kaum ein besseres Mittel erübrigen, als die Verwendung einer Strassenlocomotive und die Ausrüstung des Luftschiffes mit Rädern welche schon des Landens halber erforderlich sind.

3. Eine dritte Art, das Flugschiff abzulassen, ist dem Laufe der Knaben nachgeahmt, wenn sie bei Windstille einen Papierdrachen steigen lassen wollen. Sie bedingt aber in der Regel das Vorhandensein einer wenigstens 100—150 *m* hohen Hügelkette in unmittelbarer Nähe des gewählten Stationsplatzes. Solche Hügel pflegen sich nicht selten unfern grösserer Städte vorzufinden, selbst wenn diese in der Ebene liegen.

An den Stationsplatz hätte sich zunächst ein steigendes Bahnstück anzuschliessen, um das Flugschiff auf die Höhe von 100—150 *m* zu bringen, sei diese Bahn nun eine Adhäsions- oder eine Zahnradbahn. An dieses Bahnstück würde sich dann ganz oben ein anderes, jedoch sanft abfallendes und geradliniges Bahnstück von ungefähr 4 *km* Länge schliessen. Beide Bahnstücke hätten Winkelschienen statt Rails zu besitzen. Jener Theil des ebenen Landungsplatzes, an welchem die steigende Bahn beginnt, wäre mit grossen und eben behauenen Steinplatten zu pflastern und die Winkelschienen hätten hier

ihre Spurweite nach hinten mehr und mehr zu erweitern, so dass die geraden Schienenlinien nach rückwärts in zwei Bogen enden würden, welche einander ihre convexe Seite zuwenden. Derart liesse sich dann in ähnlicher Weise, wie die Kohlenhunde auf den Füllörtern der Kohlengruben, das auf Rädern befindliche Flugschiff leicht in das Bahngeleise einschieben. Zu diesem Ende hätte die Strassenlocomotive vorerst das Luftschiff vor die sich öffnenden Schienen zu bringen, sich hierauf vorne abzukuppeln und sodann von rückwärts das Schiff in das Bahngeleise einzuschieben.

Hierauf würde die Bahnlocomotive den Dienst übernehmen und vorerst das Schiff auf den höchsten Bahnpunkt bringen. Hier angelangt, würde zwischen beiden eine möglichst lange Kette eingeschaltet, so lang, dass sie bei stärkerer Anspannung eben noch die Bahnschwellen nicht streift; erforderlichenfalls könnte die Mitte der langen Kette noch an einen niedrig gebauten Tragewaggon befestigt werden. Gleichzeitig würde das Horizontalsegel (Flugdach) nach aufwärts gerichtet. Nun begänne eine Fahrt mit immer wachsender Geschwindigkeit, bis endlich eine Secunden-Geschwindigkeit von 25—30 *m* (bei Hinterwind eine noch entsprechend grössere) erreicht wäre. Zuletzt würde die Locomotive gebremst und das Flugschiff müsste sich nach Abkuppelung der Kette erheben und über die Locomotive hinweg in's Freie fliegen.

Derart könnte also auch die natürliche Bodenbeschaffenheit dazu benützt werden, das Luftschiff in erforderlicher Höhe und mit zureichendem horizontalen Antriebe abfliegen zu lassen.

4. Hätte das Schiff eine weitgedehnte Ebene von 50 bis 70 *km* Erstreckung oder das Meer zu überfliegen, und besässe die Schiffsmaschine einen Ueberschuss an Kraft, so könnte man es vielleicht wagen, bei der letzten unter 3 vorgeschlagenen Einrichtung die steigende Bahn ganz wegzulassen und blos das horizontale Bahnstück beizubehalten. Das Luftschiff würde sich dann bei richtigem Gange der Maschine sehr allmälig erheben; da aber die tiefsten Punkte der Flugwellen anfangs durch lange Zeit der Ebene oder Wasserfläche ziemlich nahe kämen und überdies anfänglich die Fluggeschwindigkeit eine geringere wäre, so wäre es auch im vorliegenden Falle ge-

rathener, den Flug von einem hinreichend hohen Thurme aus zu beginnen.

Man ersieht aus dieser Darlegung, dass es nicht der an sich einfache Segelflug sei, welcher besonders grosse Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Technikers und an die Geldbörse des Unternehmers stellt, sondern dass merkwürdigerweise sowohl die Schwierigkeiten der Durchführung als deren Kosten erst bei der Anlage der Stationen in den Vordergrund treten.

Schlusswort.

Wenn wir nun zum Schlusse die Ballons mit Auftrieb und die segelnden Luftschiffe, welche wir uns jetzt ohne Beigabe eines Ballons denken wollen, miteinander vergleichen, so finden wir beinahe alle Nachtheile auf Seite der ersteren und fast alle Vortheile auf Seite der letzteren liegend.

1. Ballons, wenn sie auch nur wenige Reisende befördern sollen, fallen sehr voluminös und kostbar aus, sie leiden überdies stark durch die Witterung und das baldige Unbrauchbarwerden derselben bedeutet jedesmal den Verlust eines nicht unansehnlichen Capitales; die ohne Ballon segelnden Luftschiffe dagegen lassen an Dauerhaftigkeit kaum etwas zu wünschen übrig und besitzen bei gleicher Grösse der Nutzlast an ihrem Horizontalsegel beträchtlich geringere Abmessungen.

2. Die Benützung der Ballons bleibt immer sehr gefährlich und eine lange Reihe von Unglücksfällen liefert die Belege hiefür. Wo aber in einem solchen Falle die Insassen des Ballons noch mit dem Leben davon kamen, ist dies als ein halbes Wunder zu bezeichnen, wie der Fall Giffard's zu Anfang der Fünfziger-Jahre, dessen Netzwerk von dem zusammengeschrumpften und stark aus der horizontalen Lage gekommenen Ballon zum Glücke nahe am Erdboden abglitt, und die Niederfahrt der französischen Commission vom Jahre 1875 aus bedeutender Höhe zum Erdboden, in welchen der Korb noch stark eindrang.

Die Fahrt mit dem segelnden Luftschiff dagegen ist ungefährlich, wenn man nur dafür sorgt, dass die Oberlager der

Segelaxe niemals auslassen können. Das Schlimmste, was hier geschehen kann, ist das Niedersinken in lothrechter Richtung mit 7 *m* Fallgeschwindigkeit, wenn das Segel beim Landen zufällig in wagrechter Lage stecken bliebe. Das Aufprallen auf dem Erdboden wäre hiebei nur wenig stärker, als wenn Jemand in einem Korbe, der unten mit starken Federn versehen wäre, vom ersten Stockwerke eines städtischen Hauses auf das Pflaster niederfiele. Von der Wahrscheinlichkeit eines Beinbruches kann hier wohl kaum die Rede sein.

3. Selbst mit dem berühmt gewordenen Ballon »La France« von Rénard & Krebs konnte unter günstigen Umständen nur eine Geschwindigkeit von 6·2 *m* p. s. erreicht werden, während das segelnde Luftschiff selbst bei mässiger Absturzhöhe leicht eine solche von 20—30 *m* gewinnt.

4. Der Wind macht Ballonfahrten im höchsten Grade fraglich und unzuverlässig; man kann sagen: der Hinterwind trägt den Ballon und der Gegenwind schlägt ihn; konnte doch selbst der eben erwähnte Ballon bei der Fahrt am 25. August 1885 wider den Gegenwind nicht recht aufkommen!

Das segelnde Luftschiff dagegen gewinnt immer aus dem Winde, denn der Hinterwind trägt dasselbe vorwärts und der Gegenwind wird ihm sogar zur dauernden Kraftquelle und vermehrt seinen horizontalen Antrieb. Selbst aus einem seitlichen Winde lassen sich durch zweckmässiges Laviren noch Vortheile ziehen.

5. Aus den vorerwähnten Gründen lässt sich daher nie daran denken, mit Ballons einen dauernden Flugdienst einzurichten, man wollte sich denn freiwillig einer steten Gefahr aussetzen, auf jede Regelmässigkeit der Fahrten verzichten und überdies das Geld geradezu zum Fenster hinauswerfen.

Das segelnde Flugschiff dagegen wird die regelmässigen Abflugzeiten jederzeit einzuhalten vermögen, ja, bei seinem eigenthümlichen Verhalten zum Winde und bei dem Umstande, dass seine Bahn stets frei ist, dies sogar leichter können, als die bisher üblich gewesenen Beförderungsmittel. Höchstens werden Hochgewitter vielleicht kurze Verschiebungen der Abfahrtszeiten erforderlich machen, und dies mehr aus Rücksicht auf die Aengstlichkeit der Mitreisenden, als weil ein wirkliches Hinderniss vor-

handen wäre. Bei starken Wirbelstürmen dürfte man allerdings die Abfahrt nicht wagen; allein diese sind in unseren Gegenden so selten, dass sie wohl nicht in Rücksicht zu ziehen kommen.

Alles in Allem genommen, kann man sich wohl kaum der Ueberzeugung verschliessen, dass wir hier vor einem Beförderungsmittel stehen, welches — was die Schnelligkeit betrifft — ja selbst in ökonomischer Beziehung, und gerade in dieser, dem Eisenbahnverkehre und der Wasserschiffahrt ernstlich Concurrenz zu machen angethan ist. Es ist selbst nicht unwahrscheinlich, dass man einst, mit Benützung pelagischer Inseln für Brennstoffvorräthe, den Ocean wohlfeiler und schneller überfliegen als durchschiffen werde.

Die Sache ist also vollkommen reif für die Versuche, und da die Hilfsmittel der Wissenschaft, wenn sie echte Waare und nicht Talmi sind, nicht trügen können, so wird sie es auch bald für die Einführung sein. Ich könnte also meine Schrift mit den Worten des Dichters schliessen:

„Die Saat ist reif, ihr Schnitter zaudert nicht!"

* * *

Allein, die berufenen Schnitter werden zaudern! Mit so viel Lust und Freude ich das Vorstehende auch niederschrieb, zuletzt beschlich mich doch Traurigkeit, weil mich ein Cassandragesicht überkam!

Allerdings muss zuletzt auch hier, wie immer, die Wahrheit zutage treten, aber wie wird der Verlauf sein?

Zuerst werden die getrennten Meinungen im Lager der Aëronautiker fortdauern und noch schroffer hervortreten, und die Welt wird wieder einmal das Schauspiel geniessen, dass je drei Deutsche vier verschiedene Ansichten vertreten! Zuletzt aber wird Derjenige, welcher die grösste Ueberredungsgabe und den stärksten Anhang besitzt, den Sieg davontragen und man kann dies bei dem Umstande, dass die Vertreter der Segeltheorie nicht sehr dicht gesäet sind, wohl ungefähr voraussehen!

Unsere Finanzleute ferner, wenn anders die Schallwellen dieses wissenschaftlichen Streites ihre Gehörkreise erreichen,

und obzwar sie beständig nach Dingen ausblicken, aus denen sich etwas »machen« lässt, werden vornehm und mitleidig über die lächerlichen Phantasten die Achseln zucken, welche dem Adler gleich die Luft durchsegeln wollen!

Wir aber, die wir an dem Werke gearbeitet, werden als echte Deutsche, zufrieden mit uns selbst, dass wir auf dem Papiere etwas bewiesen haben, was einst der ganzen Menschheit zum grossen Vortheile gereichen wird, die Hände in den Schooss legen, dem lieben Gott das Weitere überlassend, und die Zeit wird über uns zur Tagesordnung übergehen!

Wer kennt heute den Erfinder jener mit Dampf arbeitenden sogenannten Feuermaschinen, welche aus den Tiefbauen Europas die Grubenwässer hoben und an denen Watt seine ersten Studien machte? Wer spricht heute noch von den hannoveranischen Bergleuten, welche das in Deutschland seit uralten Zeiten übliche Doppelgestänge nach England brachten, wo es dann später nur weiter auseinandergelegt und der grösseren Dauerhaftigkeit halber mit Eisenschienen versehen wurde und derart die erste Eisenbahn lieferte? Wer nennt heute, wo man so schöne Anwendungen von der gepressten Luft zu machen versteht, noch Hell, der in Schemnitz vor etwa anderthalb Jahrhunderten der Erste mittels eines Compressors die Grubenwässer aus der Teufe hob, oder auch nur Wurm, der auf ähnliche Weise vor mehr als einem halben Jahrhunderte beim Wiener Münzamte die Kraft einer Dampfmaschine in die entfernten Münzsäle übertrug? Will man doch selbst unserem Ressel nicht die Ehre belassen, der echte und rechte Erfinder der Schiffsschraube zu sein!

Dann wird es aber später irgend einem Faiseur — einem Ausländer natürlich, denn im Inlande gilt der Prophet nichts — mit jenem Scharfblicke, welchen der Durst nach Gold verleiht, und in Kenntniss der Mittel, wie man eine Unternehmung unseren Geldinstituten und Grosscapitalisten mundgerecht machen müsse, endlich gelingen, dieselben zu überzeugen, dass es kaum etwas Geeigneteres gebe, um eine reiche Gründerernte zu halten und das gewidmete Capital in kurzer Zeit zu verdoppeln und zu verdreifachen, und sie werden dann an's Werk gehen.

In technischen Kreisen werden sich zwar schüchterne Stimmen erheben, dass die Ideen hiezu eigentlich in den Köpfen deutscher und zunächst österreichischer Ingenieure allmälig gereift seien; allein, dieselben werden verklingen in dem allgemeinen Rufe: »Wie herrlich und erhaben, einem Adler gleich die Luft zu durchsegeln und noch dazu mit solchen Lasten. Dass uns Oesterreichern derlei doch immer aus dem Auslande kommen muss!«

Möge ich ein falscher Prophet sein, aber ich besorge, das wird sein des Liedes

Ende!

erne
ofen
iälig
all-
eich
ten.
nde

das

